

ปริญญาบัตร

ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM



นายอนุศักดิ์ เดชดำนิล
นายบรรจง โภชนะกิจ
นายสมศักดิ์ พุฒยี่น
นายอภิชาติ ปางปัญญากุลชัย



A021292

เลขหมู่
เลขทะเบียน	1523 021292
เดือน ปี	29 ตค 2539

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM


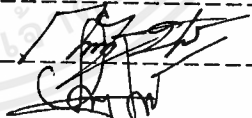
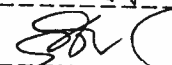

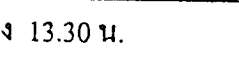
ชื่อนักศึกษา	1. นายอนุศักดิ์ เดชดำนิล	รหัสประจำตัว	37031210
	2. นายบรรจง โกษณะกิจ	รหัสประจำตัว	37031211
	3. นายสมศักดิ์ พุฒเย็น	รหัสประจำตัว	37031224
	4. นายอภิชาติ ปางปัญญากุลชัย	รหัสประจำตัว	37031232

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

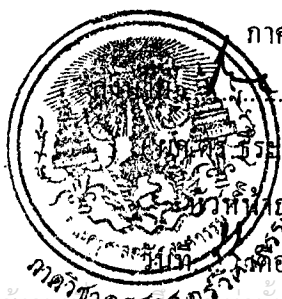
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
2. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
3. อาจารย์ประเสริฐ เคนหันค้อ

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
2. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
3. อาจารย์ประเสริฐ เคนหันค้อ	
4. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
5. อาจารย์อำพล ทองระอา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 8 เมษายน 2539 เวลา 12.30 น. ถึง 13.30 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม



ภาควิชารับรองแล้ว



อ.พรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม..... พ.ศ. ๒๕๓๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร

เรื่อง ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM

ผู้จัดทำ

นายอนุกุลกิจ เดชคำนิล
นายบรรจง โกษณะกิจ
นายสมศักดิ์ พุดยี่น
นายอภิชาติ ปางปัญญากุลชัย

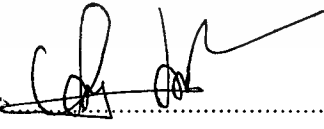
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....

(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม.....

(อาจารย์ประเสริฐ เคนพันก่อ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่
2. เพื่อศึกษาออกแบบวงจรการทำงานต่างๆ ของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่
3. เพื่อสร้างเครื่องรับ เครื่องส่ง ในระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่
4. เพื่อสามารถนำระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่
2. สามารถออกแบบระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ได้
3. สามารถสร้างเครื่องรับ เครื่องส่งของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ได้
4. สามารถใช้งานเครื่องกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ได้จริง

ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM

นายอนุกลกิจ	เดชคำนิล
นายบรรจง	โกษณะกิจ
นายสมศักดิ์	พุ่มเย็น
นายอภิชาติ	ปางปัญญากุลชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา
 อาจารย์วิสุทธิ อธิพรธรรม
 อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
 อาจารย์ประเสริฐ เคนพันธ์
 ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึง โครงงานเกี่ยวกับระบบการกระจายเสียงแบบควบคุมพื้นที่ ซึ่งใช้งานโดยอาศัยคลื่นวิทยุ การทำงานของระบบประกอบด้วยเครื่องส่งและเครื่องรับ

ทางด้านเครื่องส่ง สัญญาณเสียงจะส่งในระบบสเตอริโอโดยอาศัยการผสมสัญญาณเสียงไปกับความถี่หลัก ซึ่งอาศัยหลักการของระบบสเตอริโอโมัลติเพล็กซ์ ส่วนสัญญาณควบคุมพื้นที่นั้นจะเข้ารหัสแบบดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) และส่งไปโดยการผสมสัญญาณไปกับความถี่คลื่นพาห่อย่อยซึ่งอาศัยหลักการของการส่งวิทยุในระบบเอสซีเอ (SCA)

๑. ทางด้านเครื่องรับ สัญญาณเสียงสามารถปรับเป็นสัญญาณสเตอริโอโพนิกหรือสัญญาณโมนโพนิกได้ ส่วนสัญญาณควบคุมพื้นที่นั้นจะถูกถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟออกมาเพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องรับ โดยจะควบคุมพื้นที่ให้ทำงานเปิด-ปิด ได้จากเครื่องส่ง ซึ่งจำนวนพื้นที่ทั้งหมดกำหนดได้จากรหัสดีทีเอ็มเอฟ ทางเครื่องส่ง

8 AREAS WIRELESS BROADCASTING SYSTEM

MR.NUGULKIG DACHDOMNIN

MR.BUNJONG PHOCHANAKIT

MR.SOMSAK PUTYUEN

MR.APICHART PANGPUNYAKUNCHAI

ADVISORS

MR.WISUIT ATIPORNTUM

MR.KITIPONG MANO

MR.PRASERT KENPANKHO

1995

ABSTRACT

This thesis concerns the use of 8 areas wireless broadcasting system to control the used area by using radio frequency wave. The system consists of transmitter and receiver.

The transmitter transmits in stereo system by using the modulation of the sound to the carrier frequency which is the principle of the stereo multiplex system. The control signal enters by DTMF code and it is send by modulation of DTMF signal to the sub-carrier frequency which is the principle of SCA transmission.

The receiver can be adapted to be stereo signal and mono signal. The control signal change from DTMF code to control the receiver, and making it possible to control the on-off switch in each area, all of the area can be controlled by DTMF code of the transmitter.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ /	3
2.1.1 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ /	3
2.1.2 การส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ /	4
2.2 เครื่องส่งเอฟเอ็ม /	15
2.3 เครื่องรับเอฟเอ็ม	17
2.4 ระบบเอสซีเอ	19
2.4.1 ลักษณะทั่วไปของระบบเอสซีเอ	19
2.4.2 การส่งและรับสัญญาณระบบเอสซีเอ	21
2.4.3 การพิจารณาเกี่ยวกับการรบกวน	24
2.4.4 เฟสล็อกกลุ๊ป	26
2.4.4.1 การทำงานของวงจรเฟสล็อกกลุ๊ป	26
2.4.4.2 การนำวงจรเฟสล็อกกลุ๊ปไปใช้งาน	29
2.4.4.3 ข้อดีและข้อเสียของวงจรเฟสล็อกกลุ๊ป	33
2.5 คีทีเอ็มเอฟ (DTMF)	34

บทที่ 3 การออกแบบ	36
3.1 หลักการออกแบบ	36
3.2 หลักการทำงานของวงจร	37
3.2.1 วงจรทางด้านสถานีส่ง	37
3.2.2 วงจรทางด้านเครื่องรับ	61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	76
4.1 วงจรส่วนภาคควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องรับ	77
4.2 วงจรส่วนภาคขยายเสียง	80
4.3 การวัดความแรงสัญญาณของเครื่องส่ง	84
4.4 การวัดรูปคลื่นของสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ของวงจร	85
บทที่ 5 สรุปและแนวทางในการพัฒนา	90
5.1 บทสรุป	90
5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข	90
5.3 แนวทางในการพัฒนา	93
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก ก. รายการอุปกรณ์ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่	95
ภาคผนวก ข. แผ่นวงจรพิมพ์ภาคต่าง ๆ ของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่	108
ภาคผนวก ค. รูปเครื่องต้นแบบของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่	114
ภาคผนวก ง. รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์	118

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง	4
รูปที่ 2.2 หลักการส่งกระจายเสียงโดยมัลติเพล็กซ์สัญญาณซ้ายและขวา ส่งไปกับคลื่นพาห์เดียวกัน	5
รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของสัญญาณที่ส่งตามหลักการของรูปที่ 2.2	6
รูปที่ 2.4 ผังการทำงานการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์	8
รูปที่ 2.5 การรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	13
รูปที่ 2.6 ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์	14
รูปที่ 2.7 การถอดสัญญาณมัลติเพล็กซ์ด้วยวงจรจรมอดูเลเตอร์	15
รูปที่ 2.8 ผังการทำงานของเครื่องส่งอย่างง่าย	16
รูปที่ 2.9 ผังการทำงานของเครื่องส่งกระจายเสียงเอฟเอ็มแบบคุณภาพดี	16
รูปที่ 2.10 ผังการทำงานของเครื่องรับเอฟเอ็ม	18
รูปที่ 2.11 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม โม โน	19
รูปที่ 2.12 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม โม โนร่วมกับเอสซีเอ	20
รูปที่ 2.13 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ	20
รูปที่ 2.14 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ร่วมกับเอสซีเอ	21
รูปที่ 2.15 ผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบ สเตอริโอ โฟนิคกับเอสซีเอ	22
รูปที่ 2.16 ผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอ ที่สามารถเลือกรับสัญญาณเอสซีเอได้ด้วย	23
รูปที่ 2.17 ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นสัญญาณสถานีวิทยุจุฬา (A) ขสทบ. (B) และทอ. (C) ที่ส่งระบบเอสซีเอด้วย ทั้ง 3 สถานี	24
รูปที่ 2.18 วงจรเฟสล็อกกลุ๊ป	28
รูปที่ 2.19 วงจรสังเคราะห์ความถี่ที่ใช้เฟสล็อกกลุ๊ป	30
รูปที่ 2.20 วงจรเลื่อนความถี่	30

รูปที่ 2.21 การตรวจจับสัญญาณเอเอ็มระบบโคฮีเรนต์ โดยใช้วงจรเฟสล็อก	32
รูปที่ 2.22 แสดงการเข้ารหัสของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	35
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่	36
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานโครงสร้างการทำงานของสถานีส่ง	37
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของระบบเสียงสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	38
รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของระบบเสียงสเตอริโอมิกเซอร์	39
รูปที่ 3.5 วงจรสเตอริโอมิกเซอร์	40
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสเตอริโอเมตริกซ์	42
รูปที่ 3.7 วงจรบาลานซ์มอดูเลชัน	44
รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดความถี่ไฟล็ดโทนและคลื่นพหุย่อย	46
รูปที่ 3.9 วงจรขยายผลรวม	47
รูปที่ 3.10 วงจรรวมของระบบเสียงสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	48
รูปที่ 3.11 ผังการทำงานของ DTMF	49
รูปที่ 3.12 วงจรผลิตสัญญาณ DTMF	50
รูปที่ 3.13 ผังการทำงานของไอซี เบอร์ XR- 2206	51
รูปที่ 3.14 วงจรคลื่นพหุย่อย	52
รูปที่ 3.15 วงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง	53
รูปที่ 3.16 ผังการทำงานแสดงการทำงานของเครื่องส่ง	56
รูปที่ 3.17 วงจรเครื่องส่งเอฟเอ็ม	57
รูปที่ 3.18 โครงสร้างสายอากาศแบบเจ-เม็ทซ์	59
รูปที่ 3.19 ผังการทำงานของเครื่องรับ	60
รูปที่ 3.20 วงจรของภาครับสัญญาณ	61
รูปที่ 3.21 ผังการทำงานการทำงานของกรอครหัสสัญญาณสเตอริโอ	62
รูปที่ 3.22 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ	63
รูปที่ 3.23 ผังการทำงานกรอครหัสสัญญาณควมคุมพื้นที่	64
รูปที่ 3.24 ผังการทำงานของเอฟเอ็ม เอสซีเอ	64
รูปที่ 3.25 แสดงวงจเรสซีเออะแค็ปเตอร์	65
รูปที่ 3.26 ผังการทำงานการคีมอดูเลตสัญญาณคิตีเอ็มเอฟ	66
รูปที่ 3.27 วงจรถอดรหัสสัญญาณคิตีเอ็มเอฟ	67

VIII

รูปที่ 3.28 วงจรถอดรหัสสัญญาณ	70
รูปที่ 3.29 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	71
รูปที่ 3.30 วงจรควบคุมการเปิดปิดเครื่องรับ	72
รูปที่ 3.31 วงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงาน	73
รูปที่ 3.32 วงจรควบคุมเสียงและวงจรถายเสียงทางเอาต์พุต	74
รูปที่ 4.1 แสดงการต่อใช้งานระหว่างเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงกับเครื่องส่ง	76
รูปที่ 4.2 เป็นควบคุมพร้อมส่วนแสดงผล	77
รูปที่ 4.3 เป็นกดควบคุมสัญญาณเสียงทางด้านอินพุต	80
รูปที่ 4.4 เป็นกดควบคุมสัญญาณเสียงทางด้านเครื่องรับ	82
รูปที่ 4.5 สัญญาณคลื่นพาย้อย 38 KHz จากวงจรหาร 2 ความถี่ 76 KHz	85
รูปที่ 4.6 สัญญาณคลื่นไฟลิต 19 KHz จากวงจรหารความถี่ 38 KHz	85
รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรบาลานซ์มอดูเลชัน	86
รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อป้อนสัญญาณ CH R = 1 V , CH L = 0 V	86
รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อมีสัญญาณไฟลิต 19 KHz	87
รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อมีคลื่นพาย 67 KHz	87
รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อ CH L และ CH R = 1 Vp-p	88
รูปที่ 4.12 คลื่นพายเฮสซีเอ ความถี่ 67 KHz ของวงจรเฮสซีเอ	88
รูปที่ 4.13 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเฟสล็อกกลูป	89
รูปที่ 4.14 สเปคตรัมความถี่และแบนด์วิดธ์ของเครื่องส่งวิทยุ	89

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ค่าที่ถอดรหัสจากความถี่ต่าง ๆ ของวงจร แสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง	54
ตารางที่ 3.2 ค่าที่ถอดรหัสจากความถี่ต่าง ๆ	69
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเปิด	78
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการปิด	79
ตารางที่ 4.3 ผลการวัดความแรงสัญญาณของเครื่องส่ง	84



บทที่ 1

บทนำ

การประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่าง ๆ ภายในอาคาร หน่วยงาน สถาบันหรือสถานที่ต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการรับรู้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและแม่นยำ ระบบกระจายเสียงได้มีบทบาทมากต่อการประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่างๆซึ่งในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่แล้วระบบกระจายเสียงที่ใช้กันอยู่ จะใช้ระบบกระจายเสียงตามสายไปยังจุดต่างๆ ที่ต้องการ ซึ่งจะมีปัญหาต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่นการเดินสายในบางพื้นที่ทำได้ยากลำบาก ทำให้เกิดความไม่สวยงามแก่ตัวอาคาร เป็นการสิ้นเปลืองสายนำสัญญาณ และเกิดการสูญเสียขึ้นในสายนำสัญญาณทำให้คุณภาพเสียงที่ได้ต่ำลงอีกทั้งในการใช้งานหากเกิดการชำรุดเสียหายของสายแล้วจะยากลำบากต่อการตรวจสอบบำรุง

ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดที่จะสร้างระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ (8 Areas wireless Broadcasting System) ขึ้น เพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น และนอกจากนี้ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่นี้ ยังสามารถควบคุมพื้นที่การกระจายเสียงได้ตามต้องการว่าจะให้พื้นที่จุดใดบ้างรับสัญญาณจากการกระจายเสียงได้โดยการควบคุมจากเครื่องส่ง ทำให้การส่งข่าวสารเกิดประสิทธิภาพสูงสุดกล่าวคือสามารถส่งข่าวสารเจาะจงไปยังกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการได้ และสามารถเคลื่อนย้ายพื้นที่ครอบคลุมในการกระจายเสียงไปยังจุดอื่นๆ ตามที่ต้องการได้สะดวก

นอกจากนี้ทางด้านเครื่องรับสามารถที่จะนำไปใช้งานร่วมกับแหล่งกำเนิดสัญญาณอื่น ๆ ได้อีก เช่น วิทยุ โทรทัศน์ หรือไมโครโฟน เป็นต้น

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็นบทย่อย ๆ 5 บท เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและเหตุผลโดยทั่วไปของปฏิญานิพนธ์ และส่วนประกอบภายในปฏิญานิพนธ์นี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ในบทนี้จะประกอบไปด้วยเนื้อหาของทฤษฎี และหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและนำมาใช้ในการทำปฏิญานิพนธ์ ตลอดจนผลงานวิจัยที่มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับปฏิญานิพนธ์นี้

บทที่ 3 การออกแบบสร้างและการทำงาน ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงหลักการ
ทำงานของวงจรต่างๆ ในแต่ละส่วนที่นำมาใช้ประกอบในการออกแบบจัดทำปริญญาณิพนธ์
ซึ่งประกอบด้วยวงจรที่ได้ออกแบบในแต่ละส่วน และอธิบายถึงการทำงานของวงจรอย่าง
ละเอียด

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองนำวงจรใน
แต่ละส่วนของปริญญาณิพนธ์นี้ที่ได้จัดทำขึ้นมาเรียบร้อยแล้วมาทำการวัดผลในแต่ละขั้นตอน
อย่างละเอียดเพื่อที่จะนำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองไปตรวจสอบอ้างอิงกับทางทฤษฎีที่ได้
ออกแบบไว้ว่ามีค่าที่ตรงกันหรือไม่

บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางในการพัฒนา ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงผลสรุปของ
การทำปริญญาณิพนธ์นี้ เพื่อเปรียบเทียบผลของการทำงานของปริญญาณิพนธ์ที่ทำได้กับผลที่
คาดว่าจะได้รับจากการเสนอปริญญาณิพนธ์ที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ อีกทั้งยังได้กล่าวถึงปัญหา
และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทำปริญญาณิพนธ์ รวมไปถึงแนวทางในการที่จะพัฒนาปริญญา
ณิพนธ์นี้ต่อไป

ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ที่จัดทำขึ้นนี้เป็นระบบที่มีประโยชน์มากอีก
ระบบหนึ่ง และเป็นระบบที่มีความสามารถและมีประสิทธิภาพสูง เพราะสามารถควบคุม
การทำงานของเครื่องรับได้จากเครื่องส่งจึงทำให้การประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่างๆ ได้ตรงกลุ่ม
เป้าหมายตามที่ต้องการซึ่งทำให้การสื่อสารสัมฤทธิ์ผลสูงสุด

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการ

2.1 หลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

ความหมายของระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

สเตอริโอ (Stereo) หมายถึง ระบบที่สามารถแยกทิศทางของเสียงได้ เพื่อเป็นการจำลองมิติให้คล้ายกับการฟังจากของจริง เมื่อเราฟังดนตรีจากระบบสเตอริโอ 2 ทิศทาง จะสามารถแยกตำแหน่งของเครื่องดนตรีได้ว่าเสียงของเครื่องดนตรีชิ้นนั้นๆ มาจากทิศทางใด ซ้ายขวาหรือกึ่งกลาง แต่สำหรับระบบสเตอริโอ 4 ทิศทางแล้ว เราจะได้มิติของเสียงเพิ่มขึ้น สามารถแยกตำแหน่งของทิศทางได้รอบตัว ทำให้เพิ่มอรรถรสในการฟังได้มากยิ่งขึ้น

มัลติเพล็กซ์ (Multiplex) หมายถึง การส่งสัญญาณหลายๆ สัญญาณรวมกันมาเป็นการผสมสัญญาณต่างๆ ลงบนคลื่นพาห์เดียวกัน แล้วส่งไปยังปลายทาง เมื่อถึงปลายทางด้านเครื่องรับก็ใช้วิธีแยกสัญญาณต่างๆ ออกมาตามต้องการเปรียบเทียบกับเราเอาสิ่งของหลายอย่างใส่ หีบห่อเดียวกันแล้วส่งไปยังปลายทาง เมื่อถึงจุดหมายเราก็เอาหีบห่อแยกเอาสิ่งของเหล่านั้น ออกมาใช้งานตามความประสงค์

การส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ หมายถึง การนำสัญญาณซีกซ้าย (L) และสัญญาณซีกขวา (R) มัลติเพล็กซ์รวมๆ กันไปกับคลื่นพาห์ส่งกระจายคลื่นไปยังเครื่องรับ ทางเครื่องรับจะมีขบวนการแยกเอาสัญญาณซีกซ้าย และสัญญาณซีกขวาออกมาจากคลื่นพาห์ อีกครั้ง

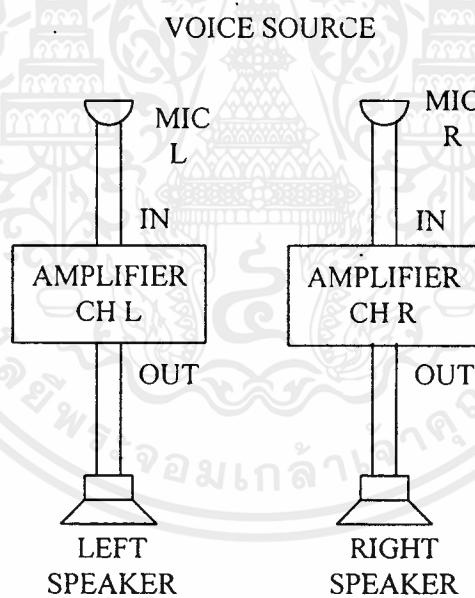
2.1.1 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

- ไลน์มัลติเพล็กซ์ (Time Multiplex) เป็นการส่งสัญญาณต่างๆ รวมกันมาตามลำดับของเวลา เช่น การส่งสัญญาณภาพของโทรทัศน์ขาวดำธรรมดา เมื่อส่งสัญญาณไปหนึ่งเส้นก็สอดด้วยสัญญาณอื่นๆ แล้วเริ่มต้นใหม่

- ฟูรีแควนซีมัลติเพล็กซ์ (Frequency Multiplex) เป็นการส่งสัญญาณต่างๆ รวมกันมาในเวลาเดียวกัน ไม่เรียงตามลำดับเวลาแต่ใช้ความต่างทางความถี่ ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ก็ใช้การมัลติเพล็กซ์แบบนี้ เพราะสัญญาณสีเกาะมาพร้อมกับสัญญาณขาวดำ ในเวลาเดียวกันในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ก็ใช้การมัลติเพล็กซ์แบบนี้ด้วยเช่นกัน

2.1.2 การส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์

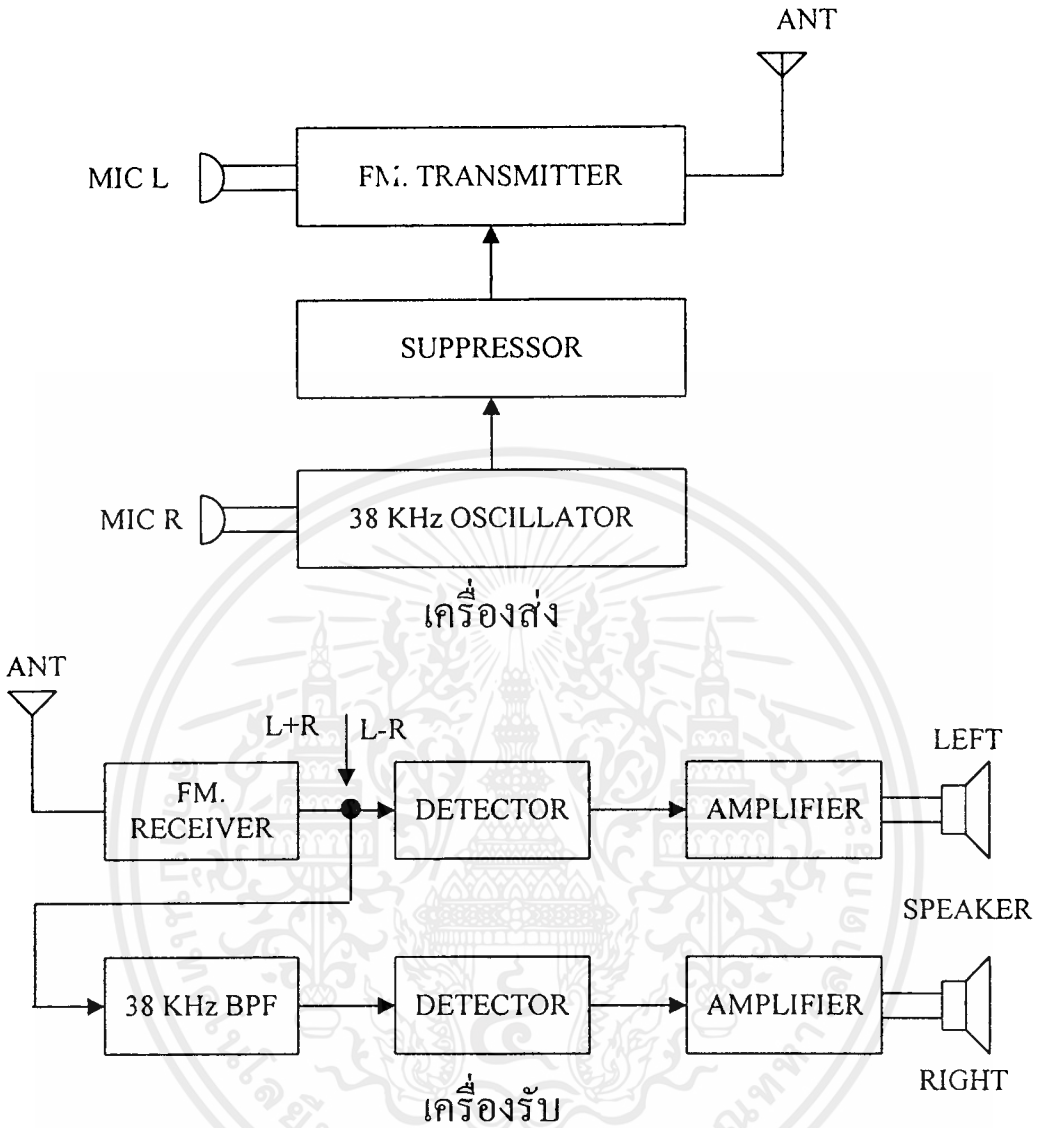
ในรูปที่ 2.1 แสดงระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง จะเห็นว่า มีตัวรับสัญญาณเสียงมีอยู่ 2 ชุด คือ ไมโครโฟนรับสัญญาณเสียงทางซีกซ้าย และไมโครโฟนรับสัญญาณเสียงทางซีกขวา สัญญาณเสียงจากไมโครโฟนทั้งสองจะถูกส่งไปยังเครื่องขยายเสียงซึ่งแยกเป็นซ้ายและขวา



รูปที่ 2.1 ระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง

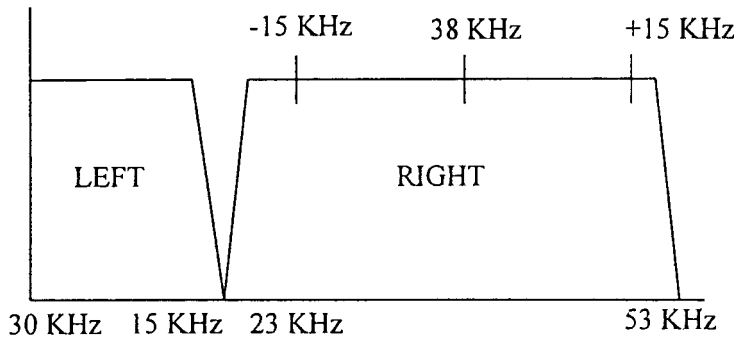
ในที่สุดสัญญาณจากไมโครโฟนซีกซ้ายจะถูกขยายออกสู่ลำโพงทั้งสองซึ่งเป็นจุดที่สามารถรับฟังเสียงที่มีความเป็นสเตอริโอมากที่สุด หรือเป็นตำแหน่งที่ผู้ฟังสามารถแยกทิศทางของเสียงได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 หลักการส่งกระจายเสียงโดยมัลติเพล็กซ์สัญญาณซ้ายและขวาส่งไปกับคลื่นพาห์เดียวกัน

รูปที่ 2.2 ผังการทำงานของหลักการส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอที่มีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกันแล้วส่งไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน



รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของสัญญาณที่ส่งตามหลักการของรูปที่ 2.2

ด้านเครื่องส่ง ไมโครโฟน L จะรับสัญญาณเสียงซีกซ้ายแล้วส่งเข้าไปมอดูเลตกับคลื่นพาห์ในเครื่องส่งเอพเอ็มโดยตรง ส่วนไมโครโฟน R จะรับสัญญาณเสียงซีกขวาแล้วส่งเข้าไปมอดูเลตกับความถี่ 38 KHz โดยเราใช้วิธีการมอดูเลตแบบแอมพลิจูดมอดูเลชัน จากนั้นก็ทำการคัดแยกคลื่นพาห์ย่อยออก ผลจากการคัดแยกคลื่นพาห์ย่อยออกจะทำให้มีเฉพาะสัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับคลื่นพาห์ย่อยแล้วเท่านั้น ที่ปรากฏออกไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตได้ ซึ่งในการมอดูเลตสัญญาณ โดยทั่วไปจะมีสัญญาณคลื่นพาห์ปรากฏเป็นสัญญาณออกทางเอาต์พุตตลอดเวลาไม่ว่าจะมีสัญญาณเสียงเข้ามามอดูเลตหรือไม่ก็ตาม

สัญญาณที่ถูกมอดูเลตและกำจัดคลื่นพาห์ย่อยออกแล้วนี้จะถูกส่งเข้าไปมอดูเลตแบบพรีแควนซีมอดูเลชันกับคลื่นพาห์ที่ใช้ในการส่งออกอากาศอีกครั้งหนึ่ง มอดูเลตรวมๆ กันไปกับสัญญาณซีกซ้าย ที่เข้ามามอดูเลตแบบพรีแควนซีมอดูเลชัน โดยตรง ดังได้อธิบายก่อนหน้า

วิธีการนี้เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกันแล้วส่งไปกับคลื่นพาห์ที่ใช้ในการส่งออกอากาศเพียงความถี่เดียว โดยที่สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวาจะไม่กวนกันเลย

สเปกตรัมของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ เรากำหนดให้สัญญาณเสียงที่เข้ามาทางไมโครโฟนซีกซ้ายและขวา มีความถี่ตั้งแต่ 30 Hz ถึง 15 KHz ดังนั้น ไชด์แบนด์ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์จึงแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเริ่มจาก 30 Hz ถึง 15 KHz เป็น ไชด์แบนด์ที่เกิดจากสัญญาณเสียงซีกซ้าย ส่วนอีกช่วงเป็นสัญญาณเสียงซีกขวา ซึ่งมอดูเลตกับคลื่นพาห์ย่อย

38 KHz ทำให้ความถี่ด้านต่ำ 23 KHz (38 KHz - 15 KHz) และความถี่ด้านสูง 53 KHz (38 KHz + 15 KHz) รูปที่ 2.3

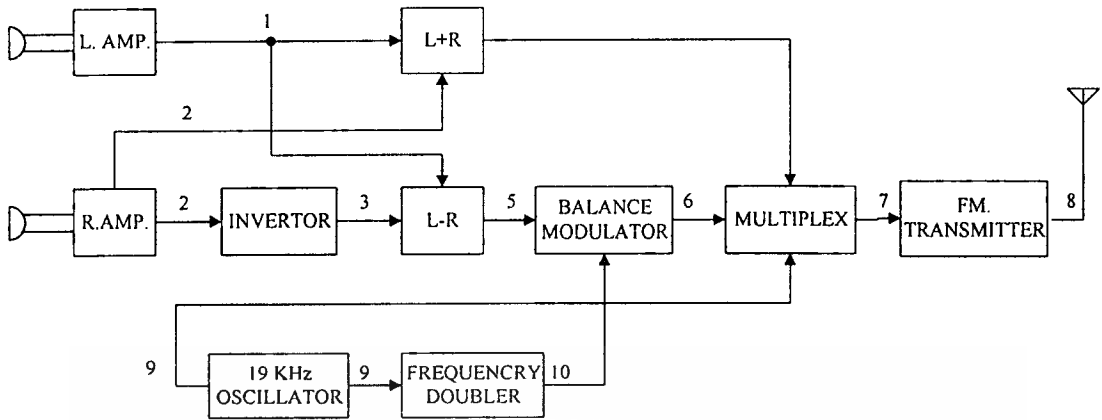
ด้านเครื่องรับ ภาครับจะรับสัญญาณเอฟเอ็มเข้ามา แล้วส่งให้วงจรถิเทคโนโลยีย่านกว้าง (Wideband Dectecter) ทำหน้าที่คั้นรูปออกมาเป็นสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวา สัญญาณเสียงนี้จะถูกส่งไปขยายเพื่อออกสู่ลำโพงซ้าย แต่เนื่องจากส่วนที่เป็นสัญญาณขามีความถี่อยู่ในช่วง 23 KHz ถึง 53 KHz เป็นความถี่เหนือเสียงที่มนุษย์ไม่ได้ยิน (ความถี่อยู่ในย่านโซนิก หรือ ซุปเปอร์โซนิก) ฉะนั้นผู้ฟังจึงไม่ได้ยินสัญญาณเสียงซีกขวาทางลำโพงซ้าย

สัญญาณซีกซ้ายและขวาที่ได้จากวงจรถิเทคโนโลยีย่านกว้าง ส่วนหนึ่งจะแยกไปเข้า วงจรกรองความถี่ต่ำ (Band Pass Filter) 38 KHz ที่วงจรนี้จะทำหน้าที่กรองความถี่ให้ผ่าน เฉพาะความถี่ของสัญญาณเสียงซีกขวา (23 KHz ถึง 53 KHz) เพื่อส่งไปยังวงจรถิเทคโนโลยี เพื่อทำการดิเทคสัญญาณเสียงซีกขวาซ้ำอีกครั้งให้คั้นรูปออกมาเป็นสัญญาณเสียงซีกขวา ซึ่งมีความถี่ในช่วง 30 Hz ถึง 15 KHz ส่งไปเข้าวงจขยายเสียงออกสู่ลำโพงขวาต่อไป

วิธีการตามผังการทำงานตามรูปที่ 2.2 นี้ ทำให้เราสามารถส่งกระจายเสียงในระบบ เอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ได้ ด้านการรับก็สามารถแยกสัญญาณเสียงซีกซ้ายและสัญญาณเสียงซีกขวาได้ดีโดยไม่กวนกัน

ระบบการส่งกระจายเสียงแบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ที่เหมาะสม และได้รับการคัดเลือกให้ใช้เป็นมาตรฐานในการส่งกระจายเสียงที่ใช้กันในทุกวันนี้ มีสาระสำคัญที่ให้ผลดีในการใช้งานดังนี้

1. ส่งกระจายเสียงด้วยเครื่องส่งเครื่องเดียว และใช้คลื่นพาห้ความถี่เดียวในการส่งออกอากาศ โดยมีแบนด์วิดท์ที่เข้ากันได้กับระบบเอฟเอ็มธรรมดา
2. เป็นระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ที่สามารถให้เครื่องรับเอฟเอ็มแบบธรรมดาสามารถรับฟังสัญญาณได้ด้วย โดยเสียงที่รับฟังได้จะออกมาในรูปแบบโมโนโฟนิก (Mono Phonic) ไม่มีการแยกทิศทางของเสียงและไม่มีกรอบกวนกันระหว่างสัญญาณคุณภาพของเสียงที่ได้จะต้องสมบูรณ์เหมือนการรับฟังจากสถานีเอฟเอ็มธรรมดา โดยไม่ต้องมีการตัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติมที่เครื่องรับแต่ประการใด



รูปที่ 2.4 ผังการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

3. เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์นั้น นอกจากจะรับคลื่นจากสถานีเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ซึ่งทำให้สามารถแยกสัญญาณเสียงซีกซ้ายและสัญญาณเสียงซีกขวาได้แล้ว จะต้องสามารถรับฟังจากสถานีวิทยุเอฟเอ็มธรรมดาได้ด้วย โดยเสียงที่รับฟังได้จะออกมาในแบบโมโนโฟนิก

4. เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มธรรมดา ที่รับสัญญาณจากสถานีเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ถ้าต้องการรับฟังเสียงที่เป็นระบบสเตอริโอสามารถทำได้โดยการแก้ไขตัดแปลงหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางอย่างเข้าไปในวงจรเครื่องรับเอฟเอ็มธรรมดา

หลักการทํางาน

จากรูปที่ 2.4 ไมโครโฟนซ้าย (MIC.L) และไมโครโฟนขวา (MIC.R) จะรับสัญญาณเสียงเข้ามาขยายที่วงจรขยายเสียง แล้วต่างก็ส่งสัญญาณซีกซ้าย (L) และซีกขวา (R) ไปรวมกันเป็นสัญญาณ L+R (ที่ภาค L+R) สัญญาณ L+R ที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังภาคมัลติเพล็กซ์ เพื่อเตรียมมัลติเพล็กซ์ร่วมกับสัญญาณอื่น ๆ

สัญญาณส่วนหนึ่งจากภาคขยายสัญญาณเสียงซีกขวา จะถูกส่งไปที่ภาคอินเวอร์เตอร์ (inverter) ด้วย เพื่อกลับเฟสสัญญาณ R ไปจากเดิมอีก 180 องศา กลายเป็นสัญญาณ -R แล้วส่งไปรวมกับสัญญาณที่มาจากภาคขยายเสียงที่ภาค (L-R) สัญญาณที่รวมกันนี้จะกลายเป็น

สัญญาณ L-R ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์ (Balance Modulator) เพื่อมอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz ที่เข้ามาอีกทาง

คลื่นพาห่อย่อย (Subcarrier) 38 KHz นั้นได้มาจากความถี่คลื่นไซน์ 19 KHz จากภาคออสซิลเลเตอร์ ซึ่งถูกส่งเข้ามาคูณความถี่ขึ้นอีกสองเท่า ($19 \text{ KHz} \times 2 = 38 \text{ KHz}$) ที่ภาคทวีคูณความถี่สองเท่า (Frequency Doubler) ความถี่ 38 KHz ที่ได้นี้จะถูกใช้เพื่อเป็นคลื่นพาห่อย่อยเพื่อส่งไปมอดูเลตกับสัญญาณเสียง L-R ที่ภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์

ภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์นอกจากจะทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณเสียง L-R ทางขนาดของคลื่นพาห่อย่อยแล้ว (มอดูเลตแบบ AM) มันยังทำหน้าที่กำจัดคลื่นพาห่อย่อยไม่ให้ไปปรากฏออกไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตเพียงสัญญาณเดียวอีกด้วย และสัญญาณ L-R จะถูกส่งไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตของภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์

เราเรียกสัญญาณที่มอดูเลตรวมกันระหว่างสัญญาณคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz และสัญญาณเสียง L-R นี้ว่า สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R (L-R Subcarrier) และสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังภาคมัลติเพล็กซ์เพื่อมัลติเพล็กซ์รวมกันไปกับสัญญาณอื่นๆ

นอกจากนี้แล้วภาคออสซิลเลเตอร์ยังแยกส่งความถี่ 19 KHz สำหรับเป็นสัญญาณไพลोटโทน (Pilot Tone) ไปยังภาคมัลติเพล็กซ์เพื่อมัลติเพล็กซ์สัญญาณ 19 KHz รวมไปกับสัญญาณอื่นๆ อีกด้วย

จะเห็นว่าที่ภาคมัลติเพล็กซ์จะเป็นที่รวมของสัญญาณต่างๆ คือ

1. สัญญาณเสียง L+R จากภาค (L+R)
2. สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R จากภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์
3. สัญญาณไพลोटโทน 19 KHz จากภาคออสซิลเลเตอร์

สัญญาณทั้ง 3 นี้สามารถมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันได้ โดยไม่มีการแทรกแซงกันได้เพราะแต่ละสัญญาณมีขอบเขตความถี่ต่างกันนั่นเอง

สัญญาณรวมมัลติเพล็กซ์จะถูกส่งไปมอดูเลตกับคลื่นพาหู่ที่ใช้ในการส่งออกอากาศในระบบเอฟเอ็ม ในภาคส่งนี้ก็เหมือนกับเครื่องส่งเอฟเอ็มธรรมดาทั่วไปที่ใช้ส่งในย่านความถี่กระจายเสียง 88 MHz ถึง 108 MHz ที่มีการส่งสัญญาณเสียงต่างๆ ถึง 3 สัญญาณออกไปยังเครื่องรับก็เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. สัญญาณ L+R สัญญาณนี้เป็นผลรวมของสัญญาณซิกซายและซิกขวาเป็นสัญญาณเสียงแบบโมโนโพนิก ที่ต้องส่งสัญญาณนี้ก็เพื่อใช้สำหรับการรับของเครื่องรับเอฟเอ็ม

ธรรมชาติให้รับฟังจากสถานีที่ส่งในระบบสเตอริโอมีลติเพล็กซ์ได้ เครื่องรับเอฟเอ็มธรรมชาติ จะรับเอาเฉพาะสัญญาณนี้ไปเป็นสัญญาณเสียงออกลำโพง เสียงที่ได้ครบทั้งสัญญาณซีกซ้าย และซีกขวารวมกัน ไม่มีการแยกทิศทางของเสียง และคุณภาพเสียงจะเหมือนกับการรับฟังจาก สถานีวิทยุธรรมชาติทั่วไป

2. สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R เหตุที่นำสัญญาณ L-R ไปมอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz ก่อน ก็เพราะต้องการส่งสัญญาณ L-R รวมกันไปพร้อมๆ กับสัญญาณ L+R โดยไม่ต้องทำให้สัญญาณทั้งสองมีการแทรกแซงกัน วิธีการนี้เป็นกลวิธีในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ เข้าด้วยกัน เปรียบเสมือนกับเราต้องการส่งน้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าดซึ่งต่างก็เป็นน้ำมัน ด้วยกัน แต่ต่างชนิดกันไปยังจุดหมายปลายทางโดยไม่จำเป็นต้องใส่น้ำมันทั้งสองรวมกันไปในถังเดียวกัน

ถ้าเราทำโดยการเอาน้ำมันเบนซินใส่ลงไปในถังก่อน (ก็เหมือนกับเราเอาสัญญาณ L+R มอดูเลตกับคลื่นพาหุหลัก ที่ใช้ในการส่งออกอากาศ) จากนั้นจึงหาขวดที่มีขนาดเล็กกว่า ถังมาบรรจุน้ำมันก๊าดและปิดฝาขวดให้แน่น (ทำนองเดียวกับที่เราเอาสัญญาณ L-R มอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย) แล้วเอาขวดน้ำมันก๊าดใส่ลงในถังน้ำมันเบนซินอีกที ด้วยวิธีนี้ทำให้เราสามารถเอาน้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าดใส่รวมไปในถังเดียวกันได้โดยน้ำมันทั้งสองชนิดไม่ ผสมปนกัน (เช่นเดียวกับสัญญาณ L+R และสัญญาณ L-R ขับเคลื่อนจะไม่มีแทรกแซงกัน) เมื่อส่งไปถึงปลายทางเพียงเราไขขวดน้ำมันก๊าดขึ้นก็สามารถแยกน้ำมันทั้งสองชนิดออกจากกันได้โดยง่าย

เราสามารถเอาสัญญาณเสียง L-R และ L+R ที่ส่งไปมาแปลงสภาพให้แยกเป็น สัญญาณซีกซ้ายและซีกขวา (L และ R) ปรากฏทางด้านเครื่องรับได้โดยการนำสัญญาณ ทั้งสองมาบวกหรือลบกัน ซึ่งแสดงด้วยพีชคณิตดังนี้

เมื่อนำสัญญาณ (L+R) และ (L-R) มาบวกกัน

$$(L+R)+(L-R) = 2L$$

เพราะฉะนั้นจะได้สัญญาณเสียงซีกซ้าย = 2L

เมื่อนำสัญญาณ L+R และ L-R มาลบกันจะได้

$$(L+R)-(L-R) = 2R$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจะได้สัญญาณเสียงซีกขวา = 2R

3. สัญญาณไฟลิตโทน 19 KHz เนื่องจากสัญญาณเสียง L-R ที่ส่งมายังเครื่องรับเป็นสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมากับคลื่นพาห้อย่อย 38 KHz ฉะนั้น ในการนำมาเสริมหรือหักล้างกับสัญญาณ L+R ในวงจรแยกสัญญาณสเตอริโอไดโคเดเซอร์ (Decoder) เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณเสียงซีกซ้ายและสัญญาณเสียงซีกขวานั้น จำเป็นต้องมีสัญญาณ 38 KHz ที่มีเฟสสัมพันธ์กัน (Synchronize) กับคลื่นพาห้อย่อยที่มอดูเลตกับสัญญาณ L+R เพื่อช่วยให้วงจรไดโคเดเซอร์ทำงานแยกสัญญาณได้ จึงต้องมีการส่งสัญญาณไฟลิตโทน 19 KHz เมื่อมาถึงเครื่องรับก็สามารถทำให้เป็นความถี่ 38 KHz ได้โดยง่าย ด้วยการใช้วงจรทวีคูณความถี่ขึ้นมามากสองเท่า และเนื่องจากความถี่ 19 KHz ซึ่งสัญญาณไฟลิตโทนนี้เป็นต้นกำเนิดของสัญญาณคลื่นพาห้อย่อยทางด้านเครื่องส่ง ความถี่ 38 KHz ที่ได้จะมีเฟสที่สัมพันธ์กับสัญญาณคลื่นพาห้อย่อย L-R ตลอดเวลา

จากรูปที่ 2.4 หมายเลขต่างๆ คือ

หมายเลข 1 เป็นคลื่นความถี่เสียงรูปซายน์ที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณซีกซ้าย (L)

หมายเลข 2 เป็นคลื่นความถี่เสียงรูปซายน์ที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณซีกขวา (R)

หมายเลข 3 เป็นสัญญาณเสียง R ที่ผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์แล้วกลายเป็นสัญญาณ -R สัญญาณที่ได้จะเป็นรูปซายน์เหมือนเดิม เพียงแต่จะมีเฟสต่างไปจากสัญญาณ R 180 องศาเท่านั้น

หมายเลข 4 เป็นรูปคลื่นที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างสัญญาณ L และสัญญาณ R เป็นสัญญาณ L+R

หมายเลข 5 เป็นรูปคลื่นที่เกิดจากการรวมกันระหว่างสัญญาณ L และสัญญาณ -R มาเป็นสัญญาณ L-R

หมายเลข 9 เป็นสัญญาณความถี่ 19 KHz ซึ่งใช้เป็นสัญญาณไฟลิตโทน

หมายเลข 10 เป็นสัญญาณความถี่ 38 KHz ซึ่งเกิดจากการนำเอาสัญญาณ 19 KHz มาทวีความถี่ให้สูงขึ้นอีกเท่าตัว เพื่อใช้เป็นคลื่นพาห้อย่อยสำหรับมอดูเลตกับสัญญาณ L-R

หมายเลข 6 เป็นสัญญาณที่เกิดจากสัญญาณเสียง L-R มอดูเลตเข้ากับสัญญาณคลื่นพาห้อย่อยแล้วถูกซัพเพรสไปด้วยในตัว กลายเป็นสัญญาณ L-R ซับแคเรียร์

หมายเลข 7 เป็นสัญญาณที่มัลติเพล็กซ์รวมกันระหว่างสัญญาณ L+R และคลื่นพาห้อย่อย L-R (ในที่นี้ไม่ได้แสดงสัญญาณ 19 KHz ไว้)

หมายเลข 10 เป็นสัญญาณคลื่นพาร์ที่ใช้ในการส่งออกอากาศ เพราะถูกมอดูเลตในระบบเอฟเอ็ม ความถี่ของสัญญาณจึงเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เข้ามามอดูเลตด้วย

สัญญาณที่กำกับด้วย $2L$ ในหมายเลข 7 เป็นการแสดงให้เห็นผลบวกของสัญญาณ $L+R$ และ $L-R$ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสัญญาณเสียงซีกซ้ายหรือ $(L+R) + (L-R) = 2L$

สัญญาณที่กำกับด้วย $2R$ เป็นการแสดงให้เห็นผลลบของสัญญาณ $L+R$ และ $L-R$ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสัญญาณเสียงซีกขวาหรือ $(L+R) - (L-R) = 2R$

การผสมสัญญาณหรือการรวมกันระหว่างสัญญาณทั้งสองที่ทำให้เกิดเป็นสัญญาณรูปร่างใหม่ขึ้น เช่น การรวมกันระหว่างสัญญาณ L กับสัญญาณ R แล้วทำให้เกิดรูปคลื่นสัญญาณ $L+R$ ขึ้นนั้น ใช้หลักการเสริมหรือหักล้างกันระหว่างสัญญาณ โดยใช้วิธีบวกลบธรรมดาจะเข้าใจได้ง่ายถ้าเราใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมาแทนรูปคลื่นไซน์ ดังในรูปที่ 2.5

ตามรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างการรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมระหว่างสัญญาณ A และสัญญาณ B ผลลัพธ์ของการรวมจะทำให้เกิดเป็นรูปคลื่นสัญญาณ C

เราแบ่งสัญญาณออกเป็น 6 ลูกคลื่น ตามหมายเลขที่อยู่เหนือสัญญาณ A

ลูกคลื่นที่ 1 สัญญาณ A มีค่า $= +1$

สัญญาณ B มีค่า $= +1$

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ $C = 1+1 = 2$

ลูกคลื่นที่ 2 สัญญาณ A มีค่า $= 0$

สัญญาณ B มีค่า $= -1$

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ $C = 0-1 = -1$

ลูกคลื่นที่ 3 สัญญาณ A มีค่า $= +1$

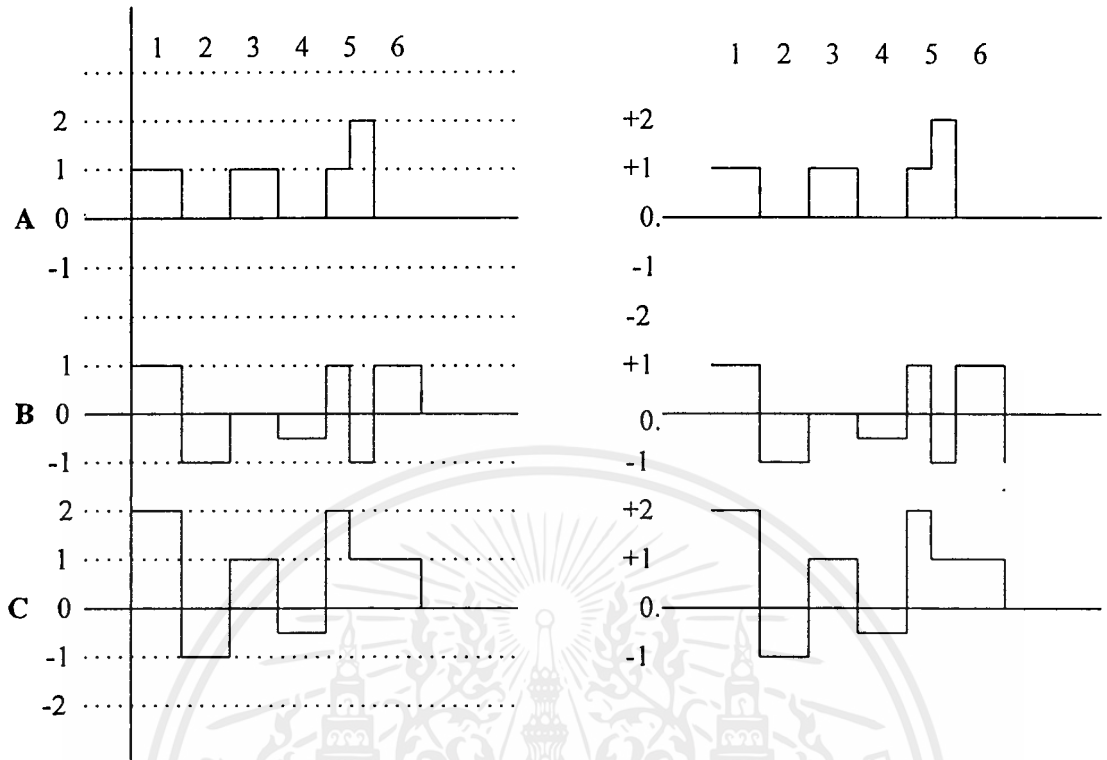
สัญญาณ B มีค่า $= 0$

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ $C = 1-0 = 1$

ลูกคลื่นที่ 4 สัญญาณ A มีค่า $= 0$

สัญญาณ B มีค่า $= -0.5$

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ $C = 0-0.5 = -0.5$



รูปที่ 2.5 การรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

ลูกคลื่นที่ 5 แบ่งลูกคลื่นออกเป็น 2 ช่วง

1. ช่วงครึ่งแรก

สัญญาณ A มีค่า = +1

สัญญาณ B มีค่า = +1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = $1+1=2$

2. ช่วงครึ่งหลัง

สัญญาณ A มีค่า = +2

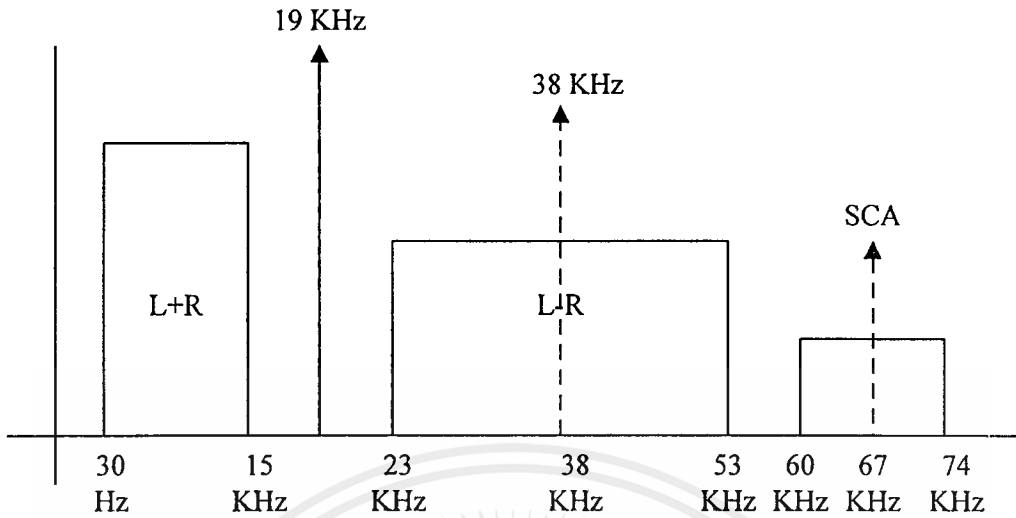
สัญญาณ B มีค่า = -1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = $2-1=1$

ลูกคลื่นที่ 6 สัญญาณ A มีค่า = 0

สัญญาณ B มีค่า = +1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = $0+1=1$



รูปที่ 2.6 ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์

ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 2.6 แยกออกเป็นดังนี้

สัญญาณ (L+R) หรือสัญญาณ M $= 30 \text{ Hz} + 15 \text{ KHz}$

สัญญาณไฟลิตโทน $= 19 \text{ KHz}$

สัญญาณ (L-R) ซับแคเรียร์ หรือสัญญาณ S $= 23 \text{ KHz}-53 \text{ KHz}$

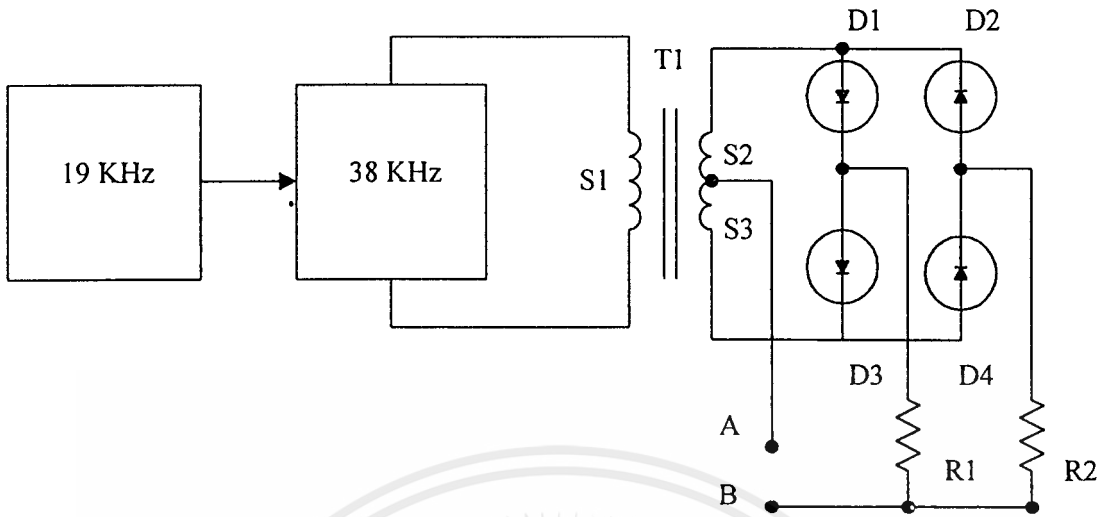
สัญญาณไฟลิตโทน 19 KHz จะอยู่ระหว่างสัญญาณ (L+R) และ (L-R) ซับแคเรียร์ โดยมีไซค์แบนด์ด้านสูงและด้านต่ำข้างละ 4 KHz เพื่อกันไม่ให้เกิดการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณที่ต้องการกับช่องสัญญาณอื่น

แถบความถี่ ช่วง 60-74 KHz เป็นของระบบ SCA ย่อมาจาก Subsidiary Communication Authorization อ่านว่า ซับซีโคอะรี คอมมูนิเคชั่น ออโตไรเซชัน (หรือหนังสือบางเล่มระบุว่าย่อมาจากคำว่า Subsidiary Carrier Authorization)

ตัวอย่างวงจรง่ายๆ ที่แสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานของวงจรถอดแยกสัญญาณสเตอริโอได้ดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.7 เป็นการนำเอาวงจรมอดูเลเตอร์มาใช้ในการถอดแยกสัญญาณ L และ R วงจรมีหลักการทำงานโดยมีการแยกเอาสัญญาณไฟลิตโทน 19 KHz ที่มีมัลติเพล็กซ์มากับสัญญาณรวมมาเข้าวงจรที่มีความถี่สองเท่าเป็นสัญญาณ 38 KHz แล้วส่งเข้ามาที่ S1 ของวงจรถอดแยกสัญญาณสเตอริโอจะถูกรับเข้าทางจุด A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



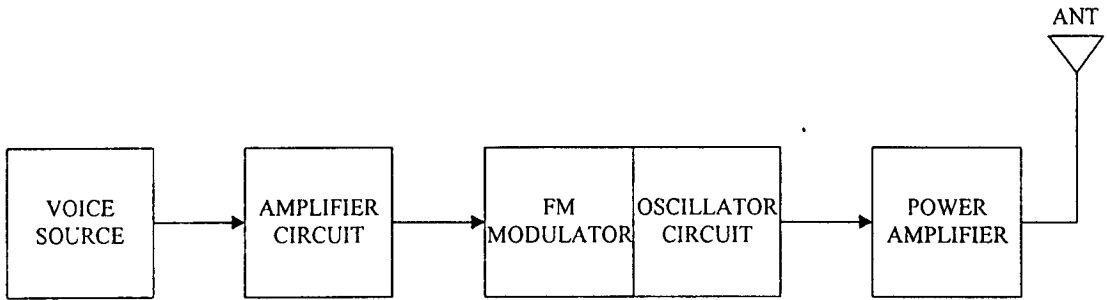
รูปที่ 2.7 การถอดสัญญาณมัลติเพล็กซ์ด้วยวงจรเรียงมอดูเลเตอร์

การทำงานของวงจร เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้ามาที่จุด A และจุด B จะทำให้ D1 กับ D2 นำกระแสไหลสวนทางกัน ทำให้มีกระแสไหลออกที่เอาต์พุต เมื่อสัญญาณเสียงที่เข้ามาที่จุด A และ B มีทิศทางกลับขั้ว D3 กับ D4 จะนำกระแส สัญญาณที่ได้ L และ R จะกลับขั้วไปมา ตลอดเวลา

อธิบายสรุป คือ เมื่อมีสัญญาณเข้ามา ไดโอดทั้ง 4 ตัว คือ D1-D4 จะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งสวิทช์ไฟฟ้าเปิด-ปิดไปตามความถี่ 38 KHz เป็นผลทำให้เกิดสัญญาณ L และ R ตกคร่อมที่ R1 และ R2

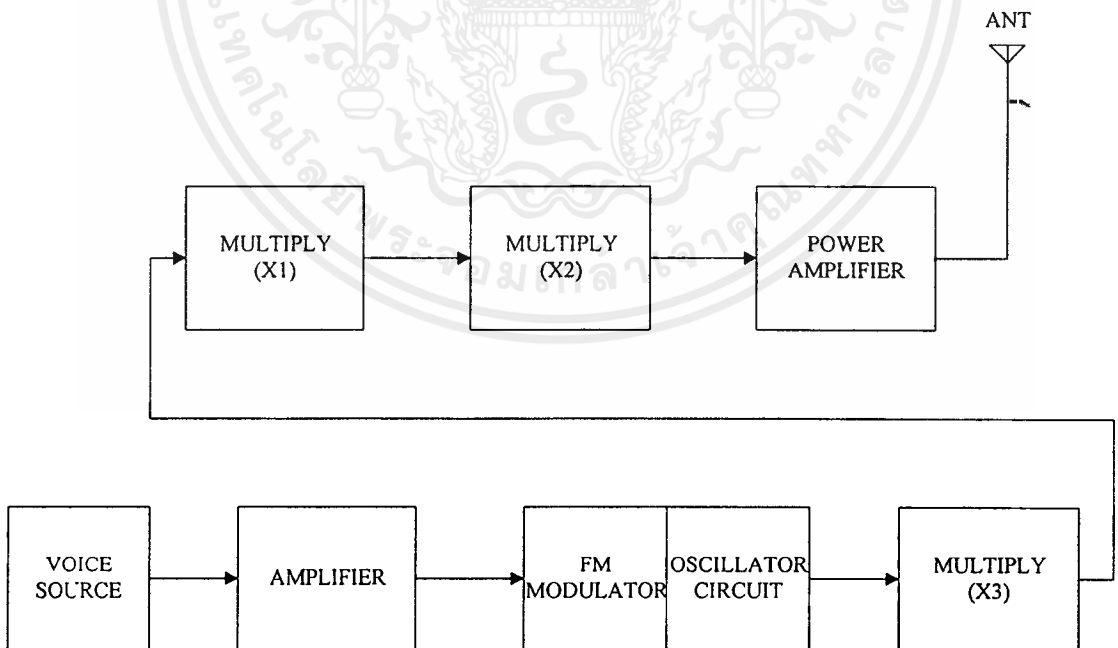
2.2 เครื่องส่งเอฟเอ็ม (FM Transmitter)

จากผังการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็ม ในรูปที่ 2.8 สัญญาณเสียงที่ผ่านการขยายแล้ว เข้าสู่ วงจรมอดูเลเตอร์ ซึ่งวงจรมอดูเลเตอร์นี้จะทำการแปลงความถี่ของออสซิลเลเตอร์โดยมีช่วงความถี่เบี่ยงเบนและอัตราการเบี่ยงเบนขึ้นอยู่กับขนาด และความถี่ของสัญญาณเสียงตามลำดับ คลื่นพาห้ของเอฟเอ็มที่ถูกมอดูเลตแล้วจะถูกขยายโดยภาคขยายกำลังสุดท้ายป้อนสู่สายอากาศเพื่อส่งออกอากาศต่อไป



รูปที่ 2.8 ผังการทำงานของเครื่องส่งอย่างง่าย

เครื่องส่งที่กล่าวมาข้างต้นอาจเกิดปัญหาเมื่อเราต้องการส่งออกอากาศที่ความถี่สูงๆ เช่น เครื่องส่งกระจายเสียงเอฟเอ็ม (ซึ่งมีความถี่อยู่ระหว่าง 88 MHz ถึง 108 MHz) ทำงานที่ความถี่สูงๆ ทำให้ยากต่อการควบคุมให้ความถี่คงที่ นอกจากนี้การควบคุมการเบี่ยงเบนความถี่ก็ทำได้ยากขึ้นด้วย วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.9 ผังการทำงานของเครื่องส่งกระจายเสียงเอฟเอ็มแบบควบคุมความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.9 แสดงการใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ 8 MHz และคูณความถี่ขึ้นไปเป็น 96 MHz การคูณความถี่นี้ทำได้โดยการใช้วงจรคูณความถี่ หลักการของวงจรคูณความถี่ คือ ใช้คุณสมบัติความไม่เป็นเชิงเส้นของวงจรขยาย ซึ่งจะทำให้กำเนิดสัญญาณฮาร์โมนิกออกมาเป็นจำนวนมาก จากนั้นวงจรแท็งก์ (Tank) ที่เอาต์พุตจะจูนเอาเฉพาะความถี่ฮาร์โมนิกที่ต้องการใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปวงจรคูณความถี่มักจะเป็น วงจรชนิดคูณ 2 (Doublers) หรือ ชนิดคูณ 3 (tripler) ในที่นี้เราใช้วงจรคูณ 3 จำนวน 1 วงจรและวงจรคูณ 2 จำนวน 2 วงจร นั่นคือ $3 \times 2 \times 2 = 12$ เท่า ฉะนั้นความถี่เอาต์พุตจะเป็น 8 MHz คูณ 12 เท่า เท่ากับ 96 MHz

ช่วงความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มเท่ากับ ± 75 KHz ฉะนั้นเอาต์พุตจะต้องมีความถี่เบี่ยงเบนไปเท่ากับค่านี้อย่างไรก็ตามในการคูณความถี่จะทำให้ปริมาณความถี่เบี่ยงเบนถูกคูณให้กว้างขึ้นไปด้วย เช่น ออสซิลเลเตอร์ 8 MHz ความถี่ก็จะเบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 7.9 MHz ถึง 8.1 MHz (± 0.1 MHz) เมื่อคูณ 12 เท่า คลื่นพาก็จะมีความถี่กลางเป็น 96 MHz และเบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 94.8 MHz ถึง 97.2 MHz (± 1.2 MHz) ดังนั้นถ้าหากเราต้องการให้ความถี่เบี่ยงเบนมีค่าเป็น ± 75 KHz ความถี่ออสซิลเลเตอร์จะต้องเบี่ยงเบนไปเท่ากับ $\pm 75/12 = \pm 6.25$ KHz

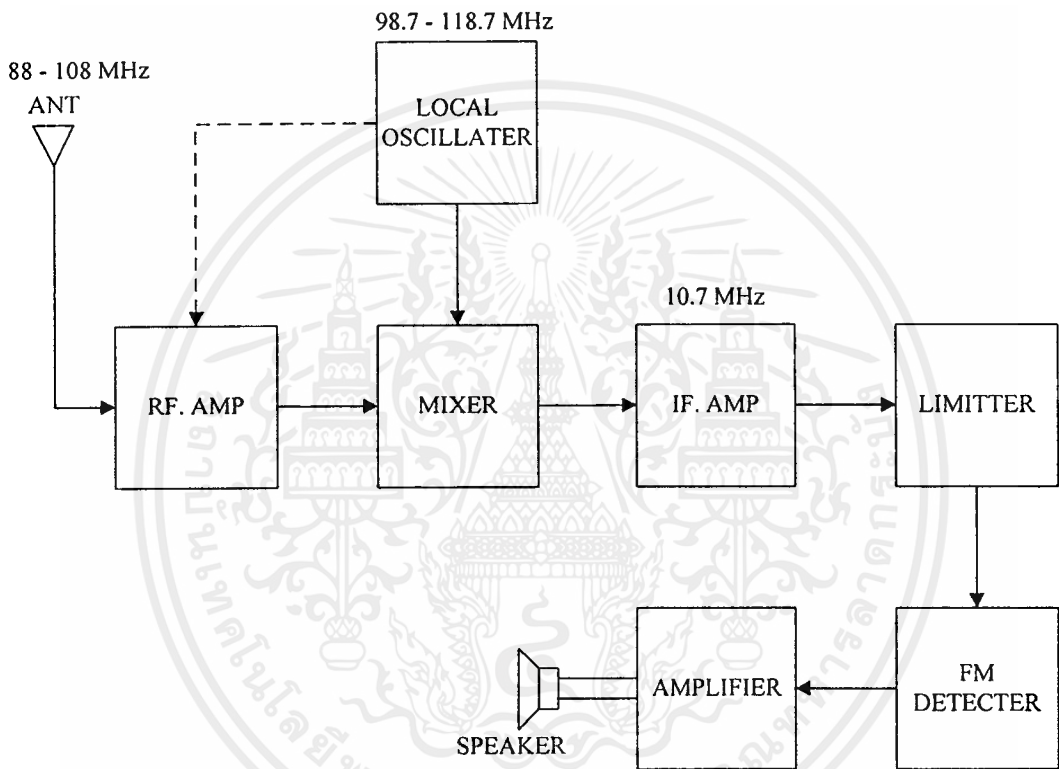
ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบเอฟเอ็มก็คือ วงจรขยายกำลังสามารถทำงานในคลาสซี (Class C) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า ทั้งนี้เพราะขนาดของสัญญาณเอฟเอ็มคงที่ไม่มีผลทำให้ข่าวสารเพี้ยน (มักจะเกิดการขลิบยอดสัญญาณ) ข่าวสารนั้นอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็มเท่านั้น

2.3 เครื่องรับเอฟเอ็ม (FM Receiver)

ผังการทำงานของเครื่องรับเอฟเอ็มดังรูปที่ 2.10 มีความคล้ายคลึงกับเครื่องรับเอเอ็มมาก จะแตกต่างกันก็เฉพาะขบวนการตรวจจับ (Detect) สัญญาณเท่านั้น สำหรับความถี่ไอเอฟ (Intermediate Frequency : IF) จะใช้ความถี่ 10.7 MHz เพื่อกำจัดสัญญาณเงาและเพื่อให้แบนด์วิดท์ของวงจรรว้างพอที่จะรับสัญญาณเอฟเอ็มได้ ความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณเอฟเอ็มที่ส่งมาจากเครื่องส่งมีค่าเท่ากับ ± 75 KHz ฉะนั้นแบนด์วิดท์ของเครื่องรับมีค่า 150 KHz เป็นอย่างน้อย ปกติมักจะเผื่อให้กว้างอีกเล็กน้อยเป็น 180 KHz ถึง 200 KHz

สมมติว่าเราจูนเครื่องรับไว้ที่ความถี่ 100 MHz ลูกบิดที่หน้าปัทม์จะเลื่อนไปตรงความถี่ 100 MHz วงจรขยายอาร์เอฟ (RF. Amp) จะจูนไว้ที่ความถี่ 100 MHz

ส่วนโลคอลออสซิลเลเตอร์ (Local Oscillator) จะถูกเอาไว้ที่ 110.7 MHz เมื่อผ่านกระบวนการในวงจรมิกเซอร์ (Mixer) ผลต่างของความถี่จะปรากฏที่อินพุตของวงจรมอดูเลเตอร์ ไอเอฟ เท่ากับ $110.7 \text{ MHz} - 100 \text{ MHz} = 10.7 \text{ MHz}$ สัญญาณที่ความถี่ไอเอฟนี้ถูกขยายและจำกัดแบนด์วิดท์ให้กว้างเพียงพอที่จะรับสัญญาณเอฟเอ็ม และแคบเพียงพอที่จะจำกัดสัญญาณอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออกไป



รูปที่ 2.10 ผังการทำงานของเครื่องรับเอฟเอ็ม

ถ้าคลื่นพาห์ของเอฟเอ็มที่ส่งจากเครื่องส่งมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ $\pm 50 \text{ KHz}$ (ความถี่เอฟเอ็มเท่ากับ 100 MHz ความถี่โลคอลออสซิลเลเตอร์และความถี่ไอเอฟคงเดิม) สัญญาณไอเอฟจะมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ $\pm 50 \text{ KHz}$ ด้วยฉะนั้นสัญญาณที่มอดูเลตมาบนคลื่นพาห์จะยังอยู่ในสัญญาณไอเอฟ โดยไม่ผิดเพี้ยนแม้ว่าความถี่สัญญาณเอฟเอ็มจะลดจาก 100 MHz เหลือ 10.7 MHz

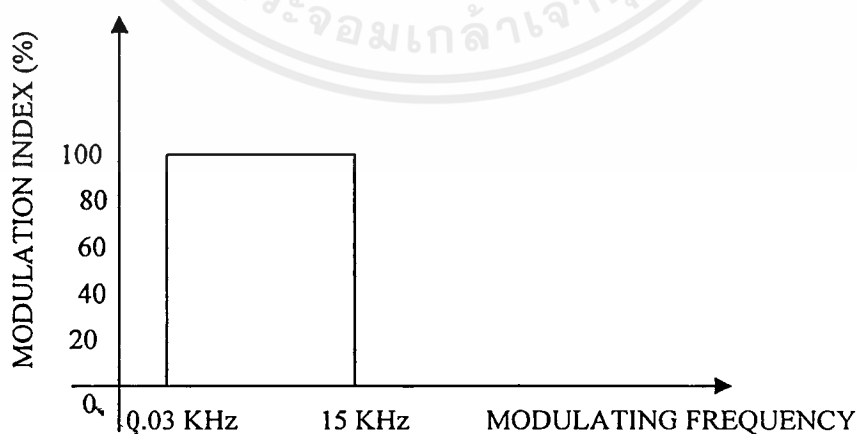
2.4 ระบบเอสซีเอ (SCA System)

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของระบบเอสซีเอ (SCA)

เอสซีเอ หมายถึงการส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มซึ่งสอดคล้องกับข่าวสาร หรือรายการที่นอกเหนือไปจากรายการปกติอีกหนึ่งหรือหลายรายการควบคู่ไปพร้อมกันกับการส่งกระจายเสียงของระบบเอฟเอ็ม โดยไม่ก่อให้เกิดการรบกวนระหว่างข่าวสาร หรือรายการซึ่งกันและกัน รายการของเอสซีเออาจเป็นสัญญาณเสียงพูดหรือเสียงดนตรี เช่นเดียวกับรายการปกติ หรืออาจเป็นรหัสตัวเลข หรือสัญญาณอื่นใดก็ได้

การส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มโมโน (FM mono) จะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 180 KHz การส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ จะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 256 KHz ส่วนการส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ร่วมกับเอสซีเอ จะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 300 KHz

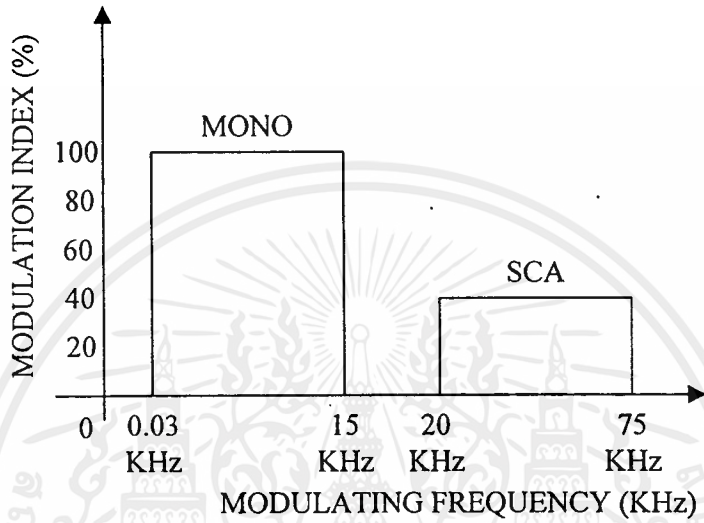
สำหรับสัญญาณเอสซีเอที่จะนำไปผสมกับสัญญาณในระบบเอฟเอ็มนั้น จะต้องมียอแมมพลิจูด และแบนด์วิดท์อยู่ในขอบเขตจำกัด เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนกับรายการเอฟเอ็มในภาคปกติและสัญญาณของสถานีที่ใช้ความถี่ข้างเคียง การรับฟังรายการของเอสซีเอ เครื่องรับวิทยุจะต้องมีอุปกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอด้วย จึงสามารถรับฟังรายการเอสซีเอได้ เช่นเดียวกับกับเครื่องรับวิทยุระบบเอฟเอ็มโมโนที่ไม่สามารถแยกสัญญาณระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ได้ เนื่องจากไม่มีวงจรแยกสัญญาณสเตอริโอมัลติเพล็กซ์



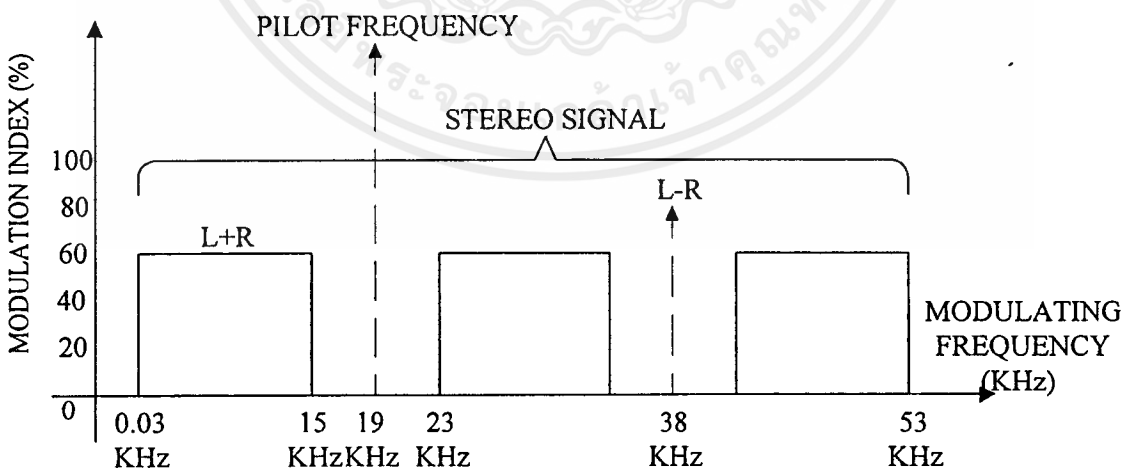
รูปที่ 2.11 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม โมโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.11 , 2.12 , 2.13 และ 2.14 แสดงถึงความแตกต่างของแถบความถี่ที่ใช้ส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มโมโน , เอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ , เอฟเอ็มโมโนบวกกับเอสซีเอ และเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์บวกกับเอสซีเอ ตามลำดับ



รูปที่ 2.12 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มโมโน ร่วมกับเอสซีเอ

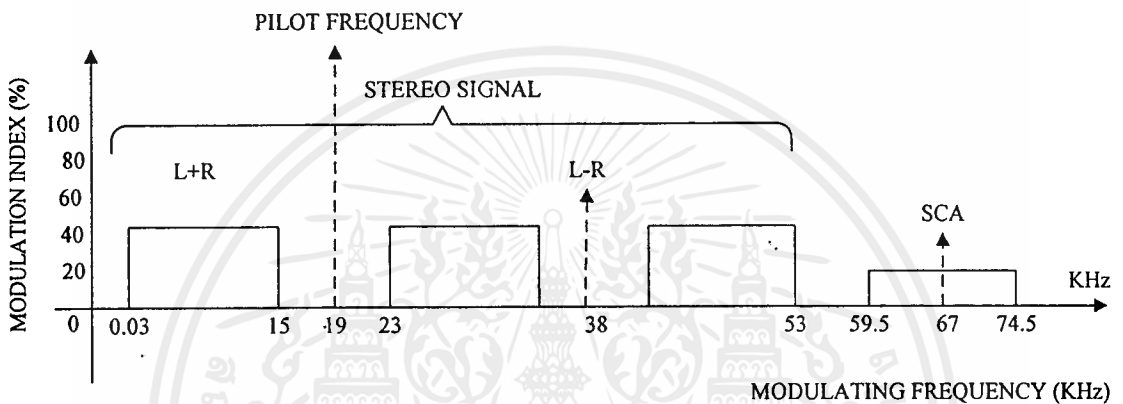


รูปที่ 2.13 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.11 จะเห็นได้ว่าระบบเอฟเอ็มโมโน ความถี่ของสัญญาณข่าวสาร (Modulating Frequency) มีความกว้างของแถบคลื่นไม่เกิน 15 KHz

รูปที่ 2.13 แสดงระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ซึ่งความกว้างของแถบความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 53 KHz โดยมีคลื่นพาห่อยุ่ความถี่ 38 KHz เป็นตัวทำให้เกิดการแยกสัญญาณออกเป็นซีกซ้าย และซีกขวา โดยคลื่นพาห่อยุ่นี้ได้มาจากความถี่ 19 KHz



รูปที่ 2.14 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ร่วมกับเอสซีเอ

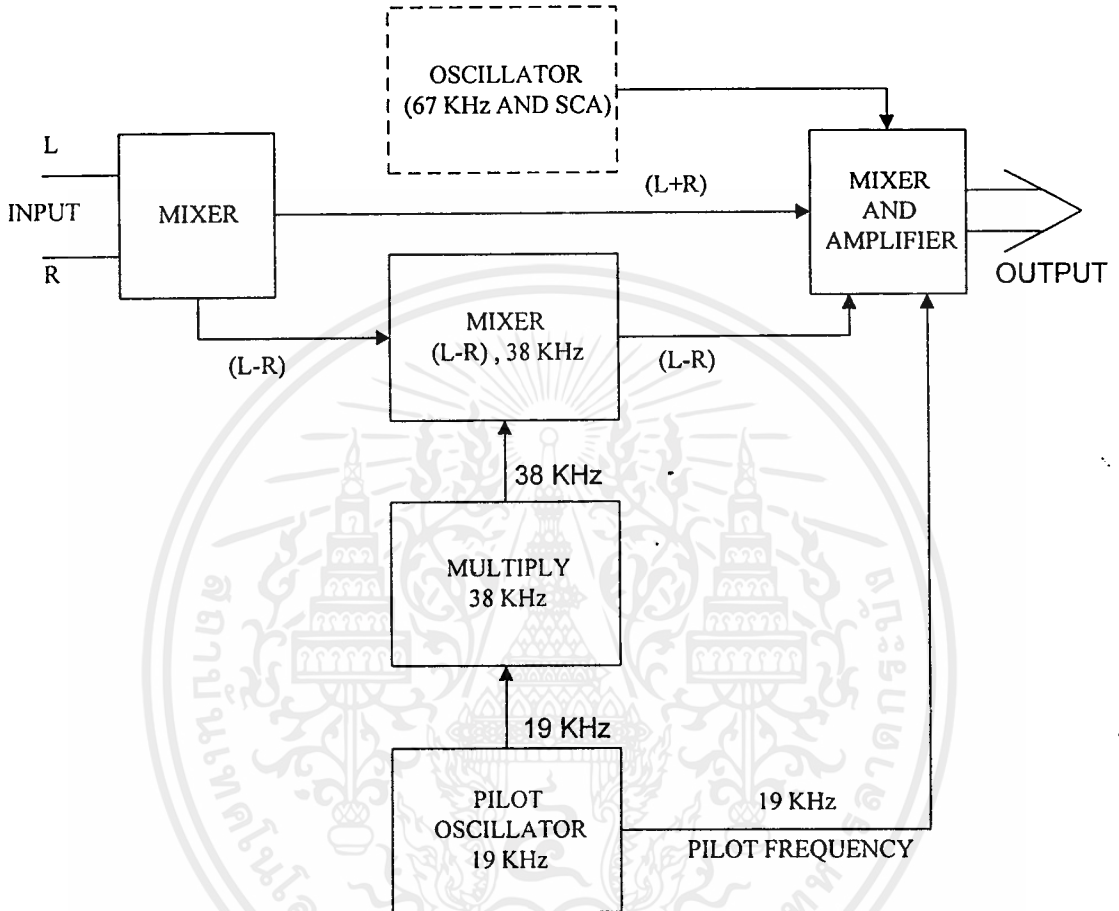
ซึ่งกำหนดขึ้นภายในเครื่องส่งความถี่ 19 KHz นี้และยังใช้เป็นความถี่นำ เพื่อให้เครื่องรับทราบว่าเป็นระบบสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์และใช้ในการแยกสัญญาณซีกซ้ายและสัญญาณซีกขวาในเครื่องรับอีกครั้งหนึ่ง

2.4.2 การส่งและรับสัญญาณระบบเอสซีเอ

การส่งสัญญาณระบบเอสซีเอ

ในการส่งวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม มีอยู่ 2 แบบ คือ โมโนโฟนิค และ สเตอริโอ โฟนิค สำหรับสัญญาณของเอสซีเอนั้นสามารถสอดแทรกได้ทั้ง 2 ระบบ แต่จะแตกต่างกันตรงความถี่ของคลื่นพาห่นั้น ในระบบโมโน โฟนิคสามารถสอดแทรกจำนวนคลื่นพาห่อยุ่ของเอสซีเอได้มากกว่ากรณีของระบบสเตอริโอ โฟนิค

ในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ โดยปกติจะสอดแทรกคลื่นพาห้อย่อยของเอสซีเอได้เพียงหนึ่งหรือสองช่องสัญญาณเท่านั้น หากเกินกว่านี้จะทำให้ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นวิทยุมากเกินไป



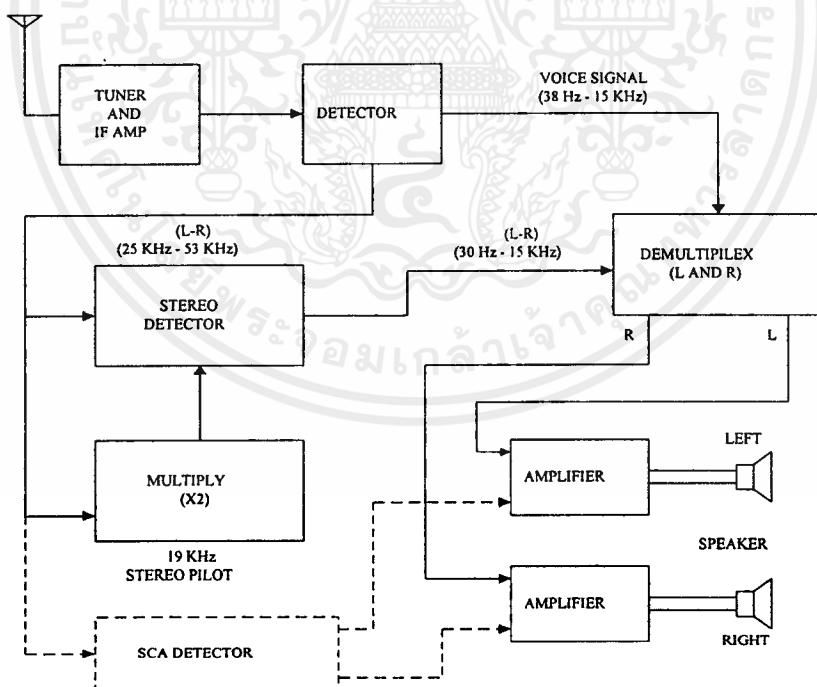
รูปที่ 2.15 ผังการทำงานโดยสังเขป ของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบสเตอริโอ โฟนิค บวกกับ เอสซีเอ

อาจก่อให้เกิดการรบกวนต่อช่องสัญญาณของสถานีที่ใช้ความถี่วิทยุข้างเคียงได้ เมื่อได้ทำการสอดแทรกสัญญาณเอสซีเอร่วมกับสัญญาณกระจายเสียงหลักนั้นจะต้องจำกัดขนาดและความแรงของสัญญาณกระจายเสียงหลัก และสัญญาณเอสซีเอด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน

ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม แบบโมโนโฟนิค , สเตอริโอโฟนิค และ โมโนโฟนิคบวกกับเอสซีเอ และสเตอริโอโฟนิคบวกกับเอสซีเอจะใช้อุปกรณ์การส่งที่ แตกต่างกัน โดยระบบที่มีเอสซีเอรวมอยู่ด้วยจะมีอุปกรณ์สร้างเอสซีเอ (SCA Generator) เพิ่ม เข้ามาดังแสดงให้เห็นในผังการทำงานของระบบสเตอริโอโฟนิคบวกกับเอสซีเอ ดังรูปที่ 2.15 บล็อกที่แสดงด้วยเส้นประแสดงถึงส่วนของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามานอกเหนือจากระบบการ ส่งเอฟเอ็มสเตอริโอปกติ รายการที่ส่ง โดยระบบเอสซีเอจะถูกผสมด้วยคลื่นพาห่อยุขขนาด ความถี่ 67 KHz แล้วส่งไปพร้อมกับสัญญาณสเตอริโอซึ่งเป็นรายการกระจายเสียงเอฟเอ็ม เข้าไปผสมกับคลื่นพาหุหลักในเครื่องส่งแล้วจึงแพร่กระจายคลื่นออกทางสายอากาศ

การรับสัญญาณระบบเอสซีเอ

การรับสัญญาณของสถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม ก็เช่นเดียวกันจะมีการรับ อยู่ 2 แบบ คือ โมโนโฟนิคและสเตอริโอโฟนิค



รูปที่ 2.16 ผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอ ที่ สามารถ เลือกรับสัญญาณเอสซีเอได้ด้วย

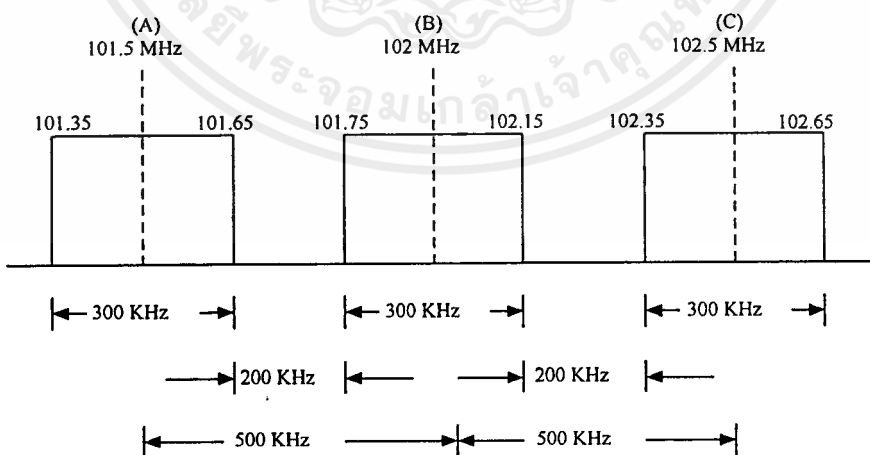
หากเครื่องรับวิทยุต้องการรับฟังสัญญาณเสียงในระบบเอสซีเอนั้นจะต้องมีอุปกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอ จึงจะสามารถรับฟังรายการหรือข่าวสารของระบบเอสซีเอได้ ดังแสดงให้เห็นผังการทำงานของเครื่องรับวิทยุซึ่งมีอุปกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอ ในรูปที่ 2.16

ในเครื่องรับระบบเอสซีเอ สัญญาณเอสซีเอซึ่งรวมกับสัญญาณสเตอริโอจะถูกแยกโดยภาคแยกสัญญาณเอสซีเอ (SCA Detector) ดังแสดงในบล็อกเส้นประ ภาคนี้จะแยกคลื่นพาห์ (67 KHz) ออกจากสัญญาณ L-R และสัญญาณไฟลิต (19 KHz) ให้เหลือเพียงสัญญาณข่าวสารหรือสัญญาณข้อมูลที่นำมาผสมในสัญญาณรายการเอสซีเอ แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้ขยายออกที่ลำโพงของเครื่องรับ

2.4.3 การพิจารณาเกี่ยวกับการรบกวน

การรบกวนข้างเคียง

สถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม ในกรุงเทพมหานคร (ประมาณ 40 สถานี) ทุกสถานีจะมีความถี่ข้างเคียงห่างกัน 500 KHz สถานีเอฟเอ็มสเตอริโอที่ส่งรายการเอสซีเอด้วยจะมีความกว้างแถบความถี่หรือแบนด์วิดท์ ประมาณ 300 KHz ($(2 \times 75) + (2 \times 74.5) = 299$ KHz) และสถานีซึ่งออกอากาศในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอที่ไม่มีการส่งเอสซีเอจะใช้ความกว้างของแถบความถี่ประมาณ 256 KHz ($(2 \times 75) + (2 \times 53) = 256$ KHz)



รูปที่ 2.17 ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นสัญญาณ สถานีวิทยุจุฬา (A), ขสทบ. (B) และทอ. (C) ที่ส่งระบบ เอสซีเอ ด้วยทั้ง 3 สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นว่า จะไม่เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีวิทยุเอฟเอ็มที่ส่งคลื่น เอสซีเอด้วยกับสถานีที่อยู่ข้างเคียง

ในอนาคตอาจเป็นไปได้ว่าสถานีวิทยุเอฟเอ็มต่างๆ อาจส่งคลื่นเอสซีเอด้วย ดังนั้นการใช้ตัวเลขดังกล่าวข้างต้นประกอบการพิจารณา จะพบว่ายังไม่เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีที่อยู่ข้างเคียงตัวอย่าง เช่น สถานีวิทยุ ขสทบ. , สถานีวิทยุจุฬา และสถานีวิทยุ ทอ. การส่งคลื่นระบบเอสซีเออาจใช้การพิจารณาข้างต้น รูปที่ 2.17 แสดงความกว้างของแถบความถี่ของคลื่น ทั้ง 3 สถานีขณะที่ส่งเอสซีเอ ด้วยว่าจะไม่เกิดการรบกวนกัน

ในกรณีของสถานีวิทยุในต่างจังหวัด ปัญหาการรบกวนระหว่างสถานีที่ใช้ความถี่ข้างเคียงยังไม่ต้องพิจารณาถึงเลย เนื่องจากในแผนความถี่วิทยุเอฟเอ็มของประเทศได้กำหนดให้สถานีในต่างจังหวัดใช้ความถี่ห่างกันอย่างน้อย 750 KHz

การรบกวนกันเองภายในระบบ

โดยที่การส่งคลื่นระบบเอสซีเอ หมายถึง การผสมคลื่นอีกชุดหนึ่ง (หรือหลายชุด) เพิ่มจากการผสมคลื่นเอฟเอ็มตามปกติในช่องความถี่เดียวกัน คลื่นผสมดังกล่าวจึงมีช่วงความถี่อยู่ไม่ห่างกันนัก ดังนั้น โอกาสที่จะเกิดการรบกวนกันเองในสถานีส่งระหว่างคลื่นความถี่หลักกับคลื่นเอสซีเอ (crosstalk) จึงอาจเกิดขึ้นได้หากไม่มีการควบคุมที่ดีพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรณีที่คลื่นความถี่หลักเป็นชนิดเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ซึ่งต้องใช้ความถี่ความถี่ถึง 30 KHz - 53 KHz การรบกวนกันเองจึงยิ่งเป็นไปได้มาก

เกี่ยวกับเรื่องนี้ ในกรณีของประเทศสหรัฐอเมริกา , เอฟซีซี (Federal Communication Commission) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดและควบคุมการใช้วิทยุของหน่วยงานเอกชนของประเทศได้กำหนดไว้ว่า ในกรณีของระบบเอฟเอ็ม โม โน ความถี่ของคลื่นผสมในระบบเอสซีเอที่ใช้จะอยู่ในระหว่าง 20-75 KHz โดยไม่จำกัดว่าจะใช้ชุดคลื่นผสมเอสซีเอกี่ชุด (กี่รายการ) และผลรวมของความแรงในการผสมคลื่นเอสซีเอจะต้องสูงไม่เกิน 30% และตัวสัญญาณรบกวนของเอสซีเอที่เข้าไปในช่องความถี่ของสัญญาณ โม โน จะต้องมีความแรงของสัญญาณ โม โน โฟนิกไม่น้อยกว่า 60 dB

กรณีของสถานีวิทยุแบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ความถี่คลื่นผสมเอสซีเอ จะจำกัดอยู่ในระหว่าง 53-75 KHz ความแรงในการผสมคลื่นเอสซีเอจะต้องไม่เกิน 10% (ของผลรวมคลื่นผสมทั้งหมดของสถานี) และสัญญาณทั้งหมดของเอสซีเอที่เลยเข้าไปในช่องสัญญาณ

สเตอริโอจะต้องมีความแรงต่ำกว่าสัญญาณสเตอริโอไม่น้อยกว่า 60 dB (เช่นเดียวกับกรณีของสถานีโมโนโฟนิก)

เพื่อป้องกันปัญหาการรบกวนกันเองดังกล่าว สถานีส่งที่มีการส่งคลื่นระบบเอสซีเอ จะต้องรับผิดชอบในการดำเนินการทางเทคนิคให้เป็นไปตามที่หน่วยงานรับผิดชอบของแต่ละประเทศได้กำหนดไว้ หรือไม่ให้เกิดการรบกวนดังกล่าวขึ้น โดยอาจถือเอาตามรายงานของคณะกรรมการที่ปรึกษาการวิทยุระหว่างประเทศ (CCIR) หรือปฏิบัติมาก่อนหน้าในประเทศอื่นในกรณีที่ประเทศนั้นๆ ยังไม่มีการกำหนดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเอสซีเอไว้

2.4.4 เฟสล็อกกลูป

เฟสล็อกกลูป (Phase Locked Loop : PLL) เป็นวิธีการควบคุมความถี่เฉลี่ยของคลื่นพาห้ให้คงที่ ในขณะที่เดียวกันก็สามารถทำให้ค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ของคลื่นพาห้มีค่ากว้างที่ความถี่เบสแบนด์มอดูเลตติ้ง (Baseband Modulating Frequency) ต่างๆ หมายความว่า ระบบเฟสล็อกกลูป ประพடுத்தวลคล้ายกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) โดยความถี่ของสัญญาณมอดูเลตติ้งที่สูงกว่าจะไม่ผ่านส่วนควบคุม (Control Loop) ในขณะที่ความถี่ที่ต่ำกว่าจะถือเป็นค่าที่ผิดเพี้ยน (Error) ของความถี่เฉลี่ย และลูป (Loop) จะแก้ไขให้สัญญาณเทวกับความถี่เฉลี่ยจนกระทั่งค่าที่ผิดเพี้ยนหายไป ข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของเฟสล็อกกลูป คือความสามารถในการสังเคราะห์ (Synthesize) ความถี่ที่ต้องการจากตัวผลิตความถี่อ้างอิง (Reference -Oscillator) เพียงชุดเดียว

1. การทำงานของวงจรเฟสล็อกกลูป (PLL)

วงจรเฟสล็อกกลูปประกอบด้วย วงจรเปรียบเทียบเฟส (Phase Comparator) วงจรขยาย และวงจรแกว่งควบคุมโดยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator หรือเรียกย่อๆ ว่า VCO) ต่อเป็นวงรอบ อย่างเช่นวงจรป้อนกลับทั่วๆ ไป ดังรูปที่ 2.18

วงจรเปรียบเทียบเฟส คือ วงจรที่ให้แรงดันออกมาเป็นปฏิภาคกับผลต่างระหว่างเฟสของสัญญาณที่เข้ามา 2 สัญญาณ วงจรนี้อาจเป็นวงจรคูณถ้าสัญญาณเข้า $V_1(t)$ มีความถี่เป็น ω_1 และเฟส θ_1

$$V_i(t) = V_i \text{ SIN}(\omega_i t + \theta_i) \quad (1)$$

และสัญญาณออกจาก VCO มีความถี่ ω_o และเฟส θ_o

$$V_o(t) = V_o \text{ COS}(\omega_o t + \theta_o) \quad (2)$$

สังเกตว่าในการเขียนสมการเช่นนี้ V_i และ V_o มีมุมอ้างอิงต่างกันอยู่ 90 องศา เพราะ V_i เขียนเป็นซายน์ และ V_o เป็นโคซายน์

ถ้าป้อน V_i และ V_o เข้าที่วงจรเปรียบเทียบเฟส จะได้สัญญาณออก

$$V_e(t) = K_m V_i V_o$$

ถ้าละเลยเทอมความถี่ 2ω ซึ่งจะถูกกำจัดโดยวงจรผ่านต่ำ จะได้

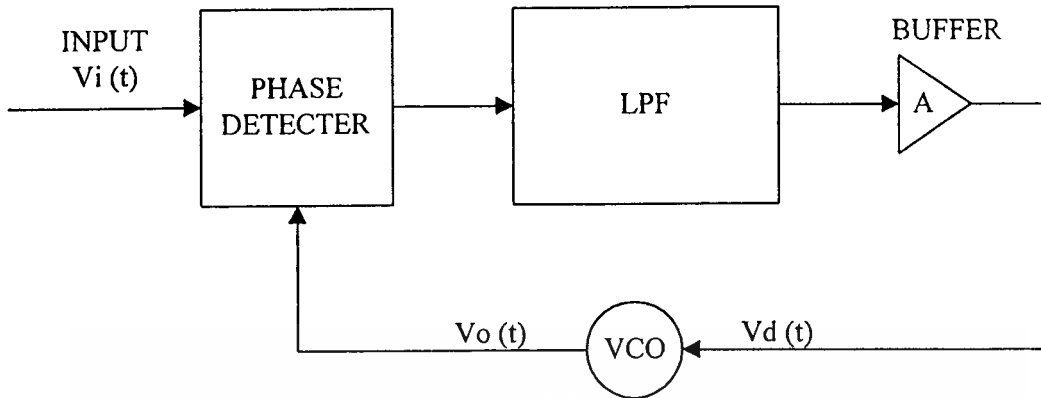
$$V_e = [(K_m V_i V_o)/2] \text{ SIN}(\theta_i - \theta_o) \quad (3)$$

ถ้าสมมติว่าผลต่าง $(\theta_i - \theta_o)$ มีค่าน้อย จะได้

$$V_e = K_d (\theta_i - \theta_o) \quad (4)$$

โดยที่ K_d คือความไวของวงจรเปรียบเทียบเฟส $= K_m V_i (V_o/2)$ (V/rad)

แรงดัน V_e นี้จะได้รับการขยายและให้เป็นแรงดันควบคุมความถี่ของ VCO ซึ่งในการทำงานปกติ การควบคุมนี้จะมีผลให้สัญญาณ V_o จาก VCO มีความถี่ตรงกับสัญญาณเข้า V_i และถ้าอัตราขยายวงรอบมีค่าสูง V_e จะมีค่าต่ำและเฟส θ_o กับ θ_i จะมีค่าใกล้เคียงกันดังที่สมมติไว้



รูปที่ 2.18 วงจรเฟสล็อก

การทำงานของวงจรถ่ายเฟสล็อกสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามาทางด้านอินพุต ($V_i = 0$) แรงดัน V_e และ V_d (ที่ใช้ควบคุม VCO) จะเป็นศูนย์ VCO จะกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่หนึ่งเรียกว่า ความถี่อิสระ (Free Running Frequency) f_{∞} เมื่อใส่สัญญาณเข้า V_i ที่ความถี่ f_i ถ้า f_i ต่างจาก f_{∞} มากสัญญาณ V_e ซึ่งมีความถี่เท่ากับ $f_{\infty} - f_i$ จะไม่สามารถที่จะผ่านวงจรผ่านต่ำ แรงดัน V_d ที่ใช้ควบคุม VCO จะยังคงเป็นศูนย์ และ VCO ยังคงทำงานที่ความถี่ f_{∞}

ถ้า f_i ไม่ต่างจาก f_{∞} มากนัก นั่นคือ $|f_i - f_{\infty}| < \Delta f_p$ ($2\Delta f_p$) มีชื่อว่าช่วงดึงเข้า (Pull-in Range) สัญญาณ V_e จะมีลักษณะไม่สมมาตร คือมีองค์ประกอบไฟตรงไม่เท่ากับศูนย์ V_d จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น และหลังจากช่วงเวลาหนึ่งเรียกว่า เวลาดึง (Pull-in Time) ความถี่ f_o ซึ่งค่อยๆ แปรไปยังค่า f_i จะต่างจาก f_i เพียง $|f_i - f_o| < \Delta f_c$ ($2\Delta f_c$) มีชื่อว่าช่วงจับ (Capture Range) ถึงตอนนี้ f_o จะแปรเข้าสู่ค่า f_i อย่างรวดเร็วจับปล้นเรียกว่า เกิดการล็อก (Lock) V_d ก็จะเปลี่ยนแปลงจับปล้นเช่นกัน ทั้งนี้สำหรับ VCO โดยทั่วไปความถี่ f_o เป็นปฏิภาคกับการเบี่ยงเบนจากความถี่อิสระ นั่นคือ

$$\omega_o - \omega_{\infty} = K_o V_d$$

โดยที่ K_o เรียกว่าความไวของ VCO มีหน่วยเป็น (rad/sec)/V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การได้มา (Acquisition) ซึ่งการล็อกอาจใช้วิธีดังนี้

1. ณ ขณะหนึ่งความถี่ของ VCO ต่างจากความถี่ขาเข้า f_i น้อยกว่า Δf_c จะเกิดการล็อกโดยฉับพลันเรียกว่า เกิดการจับ (Capture)

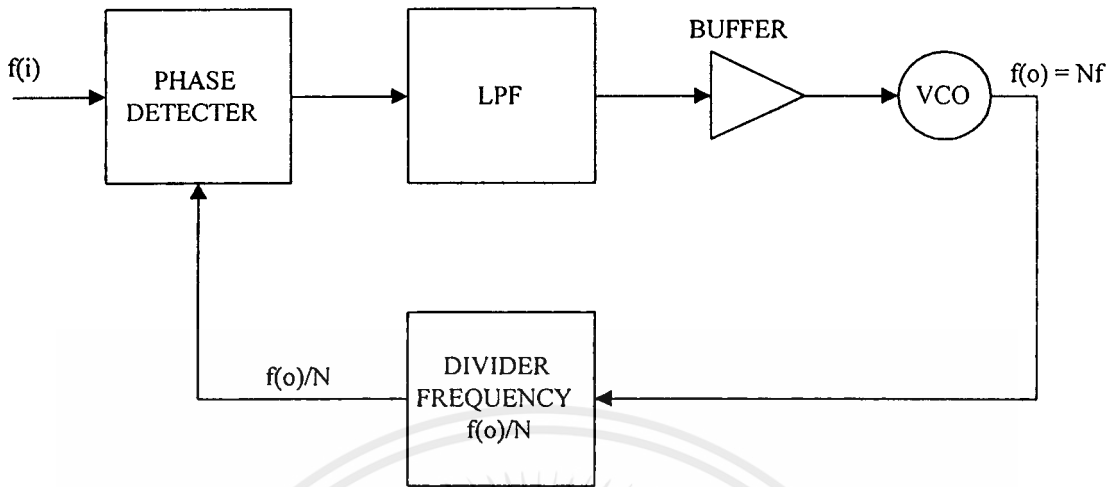
2. ณ ขณะหนึ่งความถี่ของ VCO ต่างจากความถี่ขาเข้า f_i มากกว่า Δf_c แต่น้อยกว่า Δf_p ความถี่ของ VCO กวาด (Sweep) ไปเพื่อเสาะหาความถี่ของสัญญาณหรือถ้าเสียงรบกวน (Noise) มีน้อยก็อาจเพิ่มแถบความถี่ของวงรอบ ซึ่งจะเพิ่มช่วงการจับและการดึงเข้า หรือเพิ่มเติมวงจรจำแนกความถี่ (Frequency Discriminator) ซึ่งจะปรับ VCO เข้าสู่ช่วงการจับได้อย่างรวดเร็ว

เมื่อเกิดการล็อกแล้วถ้าความถี่ของสัญญาณแปรไป ความถี่ของ VCO จะแปรตามด้วย เรียกว่า เกิดการตามรอย (Tracking) ความถี่ของ VCO จะสามารถตามรอยความถี่ f_i ได้ตราบดีที่ $|f_i - f_o| < \Delta f_H$ ($2\Delta f_H$ มีชื่อว่าช่วงคงไว้ (Hold-in Range) บางทีก็เรียกว่า ช่วงตามรอยหรือช่วงล็อก

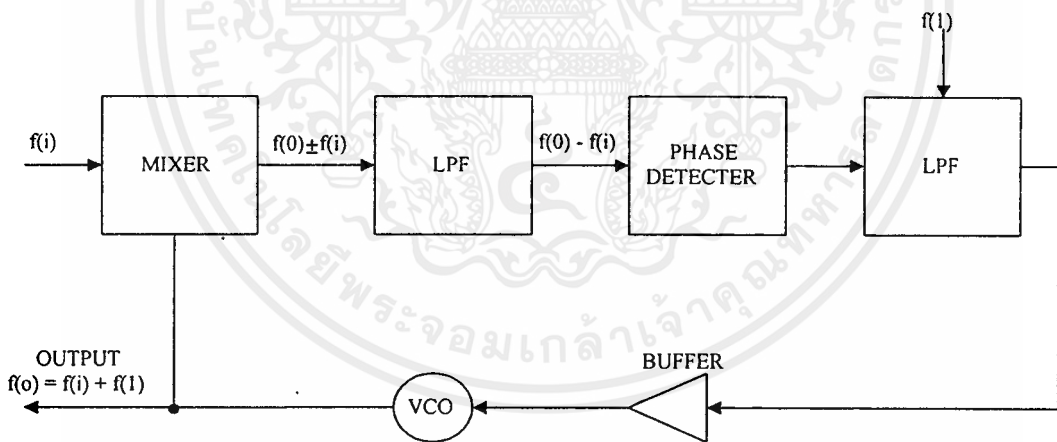
2. การนำวงจรเฟสล็อกคู่ไปใช้งาน

1. การสังเคราะห์ความถี่ (Frequency Synthesize) ตัวอย่างการใช้วงจรเฟสล็อกคู่ที่พบบ่อยคือ ใช้สังเคราะห์ความถี่ วงจรนี้จะให้สัญญาณออกมีความถี่ซึ่งเลือกได้เป็นค่าๆ ไป (Discrete) เช่น เลือกได้ระหว่าง 2.0 MHz ถึง 3.0 MHz เป็นขั้นๆ ขั้นละ 0.1 MHz เป็นต้น หลักการของวงจรก็คือ การคูณความถี่มาตรฐานด้วยเลขจำนวนเต็ม N ที่เลือกค่าได้ เช่น คูณความถี่มาตรฐาน 0.1 MHz ด้วยเลขจำนวนเต็ม N ที่เลือกค่าได้ระหว่าง 20 ถึง 30 วงจรสังเคราะห์ความถี่ที่ใช้เฟสล็อกคู่ แสดงอยู่ในรูปที่ 2.19 จะเห็นได้ว่าการแทรกวงจรหารความถี่เข้าในวงรอบ จะเป็นการล็อกความถี่ f_o/N เข้ากับความถี่มาตรฐาน f_i ความถี่ของ VCO จะเท่ากับ $f_o = Nf_i$ ตามที่ต้องการ

ในทำนองคล้ายคลึงกัน ถ้าสัญญาณออกของ VCO มีฮาร์โมนิกอยู่ด้วยมาก เราอาจปรับความถี่มาตรฐานขาเข้า f_i ให้ตรงกับฮาร์โมนิกที่ m ของสัญญาณจาก VCO นั่นคือ $f_i = mf_o$ สภาพการล็อกที่ฮาร์โมนิกเช่นนี้จะทำให้ได้ความถี่หลักมูลของ VCO เท่ากับ $f_o = f_i/m$ วงจรเฟสล็อกคู่ ทำหน้าที่เป็นวงจรหารความถี่



รูปที่ 2.19 วงจรสังเคราะห์ความถี่ที่ใช้เฟสล็อกกลูป



รูปที่ 2.20 วงจรเลื่อนความถี่

ถ้าต้องการเลื่อนความถี่จากค่ามาตรฐานค่าหนึ่งไปเล็กน้อย เช่น จากค่า f_i เป็น $f_i + f_1$ การใช้เทคนิคการผสม จะไม่ได้ผลนักเพราะถ้า f_1 มีค่าน้อย การกรองเอาแต่ความถี่ $f_i + f_1$ ไว้

โดยตัดความถี่ $f_i - f_1$ ออกไปจะทำให้ได้ยาก จึงควรใช้วงจรเฟสล็อกกลุ่ม ดังในรูปที่ 2.20 ซึ่งจะ ทำให้ไม่มีปัญหาในด้านการกรอง

วงจรเฟสล็อกกลุ่มนี้ นำสัญญาณออกจาก VCO มาผสมกับสัญญาณเข้า แล้วกรองเอา เฉพาะความถี่ผลต่าง $f_o - f_i$ ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับความถี่ f_i

เมื่อเกิดการล็อกจะได้ $f_o - f_i = f_1$ นั่นคือ $f_o = f_i + f_1$ ความถี่ของ VCO จะเท่ากับความถี่ มาตรฐานเลื่อนไป f_1

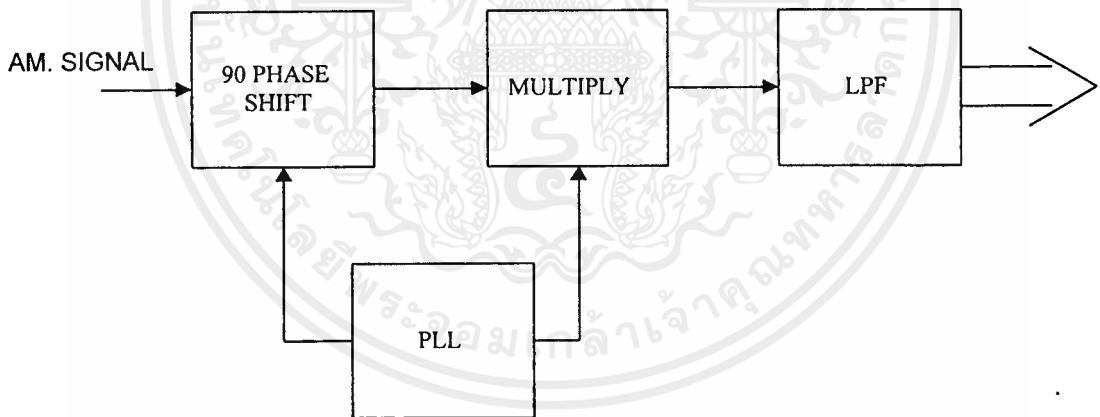
2. การเข้าจังหวะ (Synchronization) ระบบเฟสล็อกกลุ่มอาจใช้ประโยชน์ในการเพิ่ม เสถียรภาพความถี่ของวงจรแวงได้ เช่น ถ้ามีวงจรแวงกำลังสูง แต่เสถียรภาพความถี่ไม่ดี และวงจรแวงมีกำลังต่ำๆ แต่เสถียรภาพดี ก็ให้ใช้วงจรแรกเป็น VCO และวงจรที่สองใช้ สำหรับให้สัญญาณเข้าของเฟสล็อกกลุ่ม เมื่อเกิดการล็อกแรงดันออกจาก VCO ก็จะมีระดับสูง และมีเสถียรภาพความถี่ดี หนึ่งวงจรแวงกำลังสูงแต่เสถียรภาพความถี่ไม่ดี อาจทำงานที่ ความถี่สูงมากๆ เช่น ในย่านไมโครเวฟ ส่วนวงจรแวงที่มีเสถียรภาพดีอาจทำงานที่ความถี่ ต่ำกว่า เช่น วงจรแวงที่ใช้ผลึก การเข้าจังหวะอาจทำได้โดยการล็อกความถี่ของ VCO เข้ากับ ฮาร์โมนิกสูงๆ ของสัญญาณเข้า การล็อกอาจเกิดขึ้นได้โดยใช้สัญญาณเข้าเพียงชนิดเดียวจึงไม่มี ปัญหาในการล็อกที่ฮาร์โมนิกสูง

หลักการเดียวกันนี้อาจใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ ในที่นี้ VCO ก็คือ ตัวมอเตอร์ซึ่งอาจใช้สวิทช์ไว้ใกล้ๆ แกนมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนหนึ่งรอบ สวิทช์ก็จะ เปิด-ปิดครั้งหนึ่งหรือหลายครั้ง ทำให้ได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาที่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของ ความเร็วของมอเตอร์สัญญาณนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับความถี่มาตรฐานซึ่งอาจได้จาก การหารความถี่ของวงจรแวงที่ใช้ผลึก สัญญาณที่ได้ออกมาเมื่อผ่านการกรองความถี่และ การขยายก็จะนำไปใช้ขับมอเตอร์และควบคุมความเร็ว เมื่อเกิดการล็อก ความเร็วของมอเตอร์ จะมีเสถียรภาพเท่ากับความถี่มาตรฐาน

ในบางกรณีสัญญาณเข้าจังหวะมีลักษณะไม่ครบสมบูรณ์คือขาดเป็นช่วงๆ จึงต้องการ การสร้างเสริมขึ้นใหม่ให้ครบรูป เช่น ให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่บริบูรณ์ ในกรณีนี้อาจ ใช้วงจรเฟสล็อกกลุ่มได้ โดยที่ VCO จะให้สัญญาณสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เข้าจังหวะกับสัญญาณที่ ได้รับเป็นช่วงๆ นั้น ในช่วงที่ไม่มีสัญญาณเข้า VCO ยังพอมีความทรงจำและยังไม่ทันจะ เปลี่ยนจากความถี่เดิมก็มีสัญญาณมาเข้าจังหวะให้เป็นช่วงๆ ไป ตัวอย่างดังกล่าวนี้จะพบได้ในการเข้าจังหวะสัญญาณของเครื่องรับโทรทัศน์ , ในระบบเชิงเลขและในระบบโทรมาตรที่ใช้ PCM (Pulse Code Modulation)

3. การตรวจจับสัญญาณ (Detection) หรือวงจรเลือกความถี่ในกรณีที่สัญญาณมีองค์ประกอบความถี่หลายความถี่และต้องการเลือกเฟ้นเพียงความถี่เดียวก็อาจทำได้โดยใช้วงจรเฟสล็อกกลุ๊ป โดยปรับความถี่อิสระ ให้ตรงกับความถี่ที่ต้องการและปรับแถบของวงรอบให้แคบเพื่อว่าวงจรเฟสล็อกกลุ๊ปจะได้ล็อกกับความถี่นั้น ในกรณีนี้สัญญาณออกของ VCO จะมีความถี่เท่ากับสัญญาณที่ต้องการ ส่วนความถี่อื่นๆ ที่ตอนเข้ามาจะปะปนอยู่น้อยมาก สัญญาณที่ได้จาก VCO จะมีอัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงรบกวนสูงกว่าสัญญาณเข้ามา กล่าวได้ว่าวงจรเฟสล็อกกลุ๊ปทำหน้าที่เป็นตัวกรองเสียงรบกวนโดยกำเนิดเป็นสัญญาณขึ้นใหม่จากสัญญาณเล็กๆ ที่จมอยู่ในเสียงรบกวน

ซึ่งวงจรเฟสล็อกกลุ๊ปทำหน้าที่คล้ายวงจรเลือกความถี่ ต่างกันที่ว่าสัญญาณออกจาก VCO แม้จะตรงตามสัญญาณเข้าในแง่ความถี่ แต่ก็ไม่เกี่ยวข้องกับสัญญาณเข้าในแง่ช่วงสูงเลย พิจารณาในแง่นี้จะเห็นว่าเมื่อใช้วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปสำหรับคีมอดูเลตสัญญาณเอ็เอ็ม วงจรก็จะมีอำนาจเลือกสรรความถี่ในตัว



รูปที่ 2.21 การตรวจจับสัญญาณเอเอ็มแบบโคฮีเรนต์โดยใช้วงจรเฟสล็อกกลุ๊ป

วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปอาจใช้ประกอบการคีมอดูเลตสัญญาณเอเอ็ม ได้อย่างมีคุณภาพเป็นที่ทราบกันว่าถ้ามีเสียงรบกวนผนวกกับสัญญาณเอเอ็มมาก วิธีหนึ่งที่ใช้ได้ดีในการขจัดเสียงรบกวนคือ การตรวจจับแบบโคฮีเรนต์ (Coherent Detection) กล่าวคือ เอาสัญญาณเอเอ็มคูณ

กับสัญญาณอ้างอิงที่มีความถี่เดียวกันแต่ปราศจากเสียงรบกวน ผลคูณที่ได้จะประกอบด้วยค่าไฟตรงที่เป็นปฏิภาคกับค่าขนาดของสัญญาณเข้าและองค์ประกอบความถี่สูงอื่นๆ ซึ่งจะถูกลบออกโดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เสียงรบกวนหรือสัญญาณแทรกที่ความถี่ไม่ตรงกับสัญญาณอ้างอิงจะไม่ให้ค่าไฟตรง จึงถูกวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านกรองออกหมด ในการคิมอดูเลต เช่นนี้วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปจะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณอ้างอิง ซึ่งมีความถี่ตรงกับสัญญาณเอเอ็มและมีเสียงรบกวนปนอยู่น้อยมาก แต่สัญญาณจะต่างมุมกับสัญญาณเอเอ็มอยู่ 90 องศา จึงจำเป็นต้องเพิ่มวงจรเลื่อนความถี่เข้าไปก่อนที่จะทำการตรวจกับแบบโคฮีเรนต์ รูปร่างที่ 2.21

3. ข้อดีและข้อเสียของวงจรเฟสล็อกกลุ๊ป

วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปมีข้อดีหลายประการสำหรับการใช้งานบางอย่างซึ่งไม่มีวงจรอื่นที่จะเทียบเท่า อย่างไรก็ตามในการใช้งานบางอย่างนั้นก็อาจใช้วงจรกรองแบบแอลซี หรืออาร์ซี แทนได้ ข้อดีของวงจรเฟสล็อกกลุ๊ปเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกรองแบบอาร์ซีได้แก่

1. ทำงานได้ดีที่ความถี่สูง วงจรประมวลผลเฟสล็อกกลุ๊ปสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz ส่วนวงจรประมวลผลที่ถือเป็นวงจรกรองแบบอาร์ซี จะทำงานได้ถึงความถี่ประมาณ 100 KHz เท่านั้น

2. อำนาจการเลือกสรร (Selectivity) และความถี่ไม่ขึ้นต่อกัน กล่าวคือความถี่กลางกำหนดโดยความถี่อิสระของ VCO ส่วนอำนาจการเลือกสรรขึ้นอยู่กับลักษณะของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จึงไม่มีปัญหาการเรียงคลื่น (Alignment) อย่างเช่น วงจรเลือกความถี่หลายๆ หน่วย

3. องค์ประกอบภายนอกวงจรประมวลผลความถี่มีผลต่อความถี่น้อย หรือปรับคลื่นได้ง่าย โดยทั่วไปความถี่อิสระของ VCO กำหนดโดย C ตัวเดียว หรือ C กับ R ซึ่งจะปรับคลื่นได้ตั้งแต่ค่าต่ำกว่า 1 KHz ถึง 100 MHz

อย่างไรก็ดีเมื่อเทียบกับวงจรกรองแอลซี หรือวงจรกรองความถี่ที่ใช้ในการกรองความถี่ทั่วไปแล้ว วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปมีข้อเสียดังนี้

1. ไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับช่วงสูง วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปสนองต่อความถี่ที่ต้องการเท่านั้น トラบเท่าที่ขนาดของสัญญาณที่เข้ามามีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้เกิดการล็อก วงจรจะไม่สนองต่อช่วงความถี่ที่ต้องการ เมื่อขนาดความสูงของสัญญาณที่เข้ามามีขนาดน้อยกว่าที่จะสามารถทำการล็อกได้

2. การสนองตอบต่อฮาร์โมนิก วงจรเฟสล็อกกลุ่บตอบสนองต่อฮาร์โมนิก หรือฮาร์โมนิกย่อยของสัญญาณเข้า ทำให้การขจัดสัญญาณแทรกแซงที่มีความถี่เป็นอัตราส่วนจำนวนเต็มกับสัญญาณที่เข้ามา ไม่สู้ได้ผลนัก

3. ขาดเทคนิคการสังเคราะห์เนื่องจากลักษณะการจับของวงจรเฟสล็อกกลุ่บ เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น เทคนิคการสังเคราะห์ให้ได้วงจรที่มีลักษณะเชิงความถี่ตามข้อกำหนดจึงเป็นเรื่องที่ยากมาก

2.5 DTMF

DTMF (Dual Tone Multi Frequency) เป็นการเข้ารหัสความถี่คู่ของหมายเลขโทรศัพท์ และเรียกว่าโทรศัพท์กดปุ่ม (Touch Tone) ระบบ DTMF ดีกว่าระบบพัลส์ คือลดเวลาของการหมุนเลขหมายของผู้ใช้โทรศัพท์ให้มีช่วงเวลาในการหมุนเลขหมายน้อยลง ซึ่งระบบของ DTMF จะประกอบด้วยคู่ความถี่ และจะส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์โดยใช้คู่ความถี่ดังกล่าว ในคู่ความถี่นั้นจะมีความถี่สูง (High Band) และความถี่ต่ำ (Low Band) รวมกันไป โดยเมื่อส่งไปยังชุมสาย ชุมสายจะถูกถอดรหัสเป็นเลขหมายอีกครั้งหนึ่ง ระบบ DTMF จะลดเวลาการหมุนได้ดีกว่าระบบพัลส์หรือแบบหมุนถึง 10 เท่า และมีการผิดพลาดน้อยมาก ซึ่งส่วนมากการผิดพลาดของระบบเกิดจากสายโทรศัพท์ยาวเกินไป

การเข้ารหัสของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

โทรศัพท์แบบกดปุ่มหรือ DTMF ใช้หลักการสร้างความถี่ต่อกันไปลักษณะเมตริกซ์ 4x4 ดังรูปที่ 2.22

ซึ่งการทำงานเมื่อกดปุ่มต่างๆ จะได้ความถี่ออกมาดังนี้

หมายเลข 1 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1209 Hz

หมายเลข 2 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1336 Hz

หมายเลข 3 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1477 Hz

หมายเลข 4 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1209 Hz

หมายเลข 5 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1336 Hz

หมายเลข 6 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1477 Hz

หมายเลข 7 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1209 Hz

หมายเลข 8 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1336 Hz

หมายเลข 9 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1477 Hz

หมายเลข 0 จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1336 Hz

เครื่องหมาย * จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1209 Hz

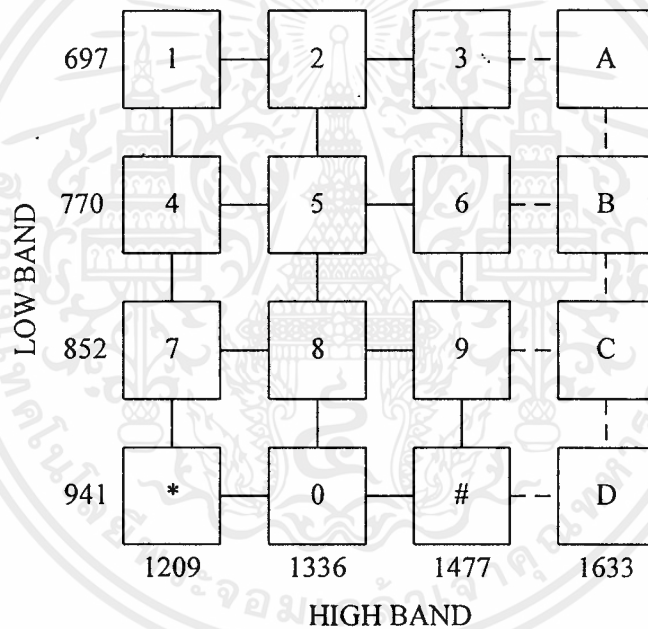
เครื่องหมาย # จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1477 Hz

อักษร A จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1633 Hz

อักษร B จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1633 Hz

อักษร C จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1633 Hz

อักษร D จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1633 Hz



รูปที่ 2.22 การเข้ารหัสของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

บทที่ 3

การออกแบบ

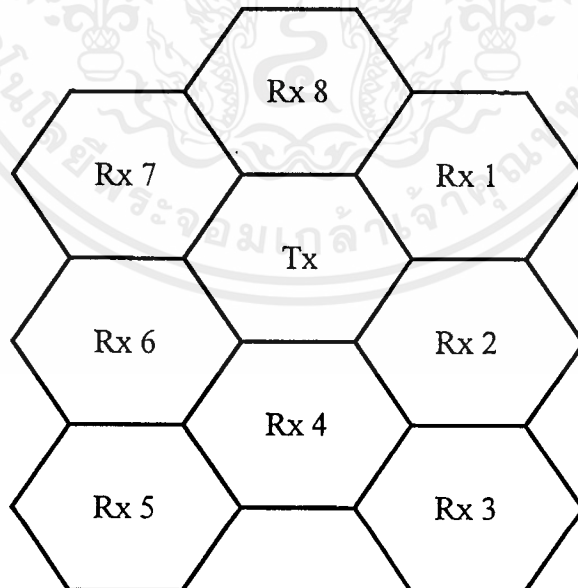
3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่นี้ มีหลักการเหมือนกับเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงและเครื่องรับวิทยุ ซึ่งเครื่องรับสามารถทำการติดตั้งได้ในระบบไร้สายไปตามจุดต่างๆ โดยที่ไม่ต้องเดินสายให้ยุ่งยากและเกะกะ เมื่อติดตั้งและปรับแต่งเสร็จแล้ว การใช้งานทั้งหมดจะอยู่ที่เครื่องส่ง ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศไปยังเครื่องรับที่อยู่ตามจุดต่างๆ หลักการออกแบบโครงงานนี้จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆ ของระบบ 2 ส่วน คือ

1. สถานีส่งจำนวน 1 ตัว
2. เครื่องรับจำนวน N ตัว (ตามพื้นที่ที่ต้องการใช้งาน)

หลักการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ แสดงในผังการทำงาน

ผังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

3.2 หลักการทำงานของวงจร

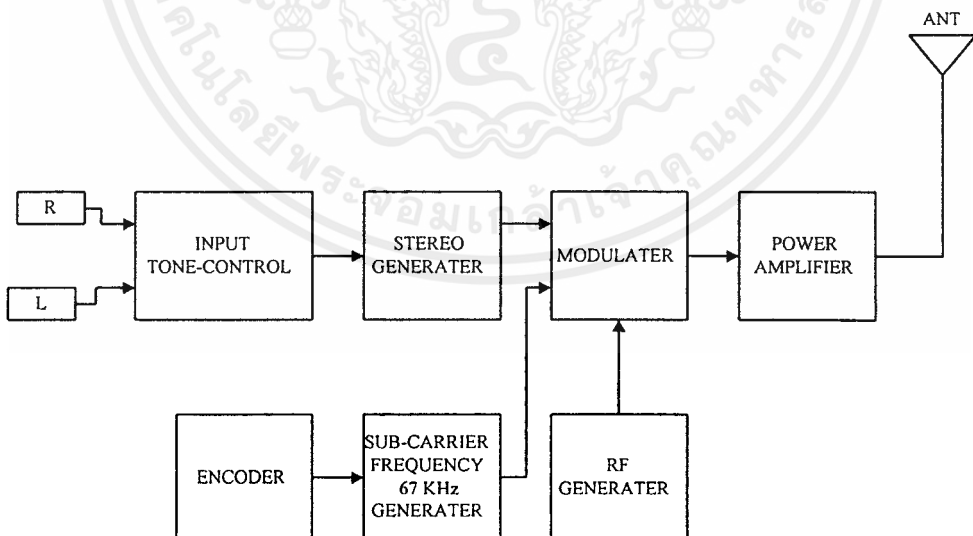
จากหลักการออกแบบวงจรจะเห็นว่า เราสามารถแบ่งการออกแบบวงจรทั้งหมด ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน ได้แก่

- วงจรทางด้านสถานีส่ง
- วงจรทางด้านเครื่องรับ

3.2.1 ส่วนของวงจรทางด้านสถานีส่ง

ระบบเครื่องส่ง

ในส่วนสถานีส่ง จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ซึ่งระบบเสียงที่ใช้ส่งในระบบนี้จะเป็นระบบสเตอริโอที่ให้คุณภาพเสียงที่ดีและมีการเข้ารหัสเสียงควบคุมพื้นที่ในการใช้งาน โดยในภาคเข้ารหัสนี้ จะทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห้อย่อยของความถี่หลักในการใช้งาน ดังนั้น จึงไม่มีผลรบกวนต่อคุณภาพเสียงทางช่องสัญญาณเสียงในขณะเข้ารหัส โครงสร้างของระบบการทำงานของสถานีส่งจะประกอบด้วย ภาคว่างๆ ตามผังการทำงานดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานโครงสร้างการทำงานของสถานีส่ง

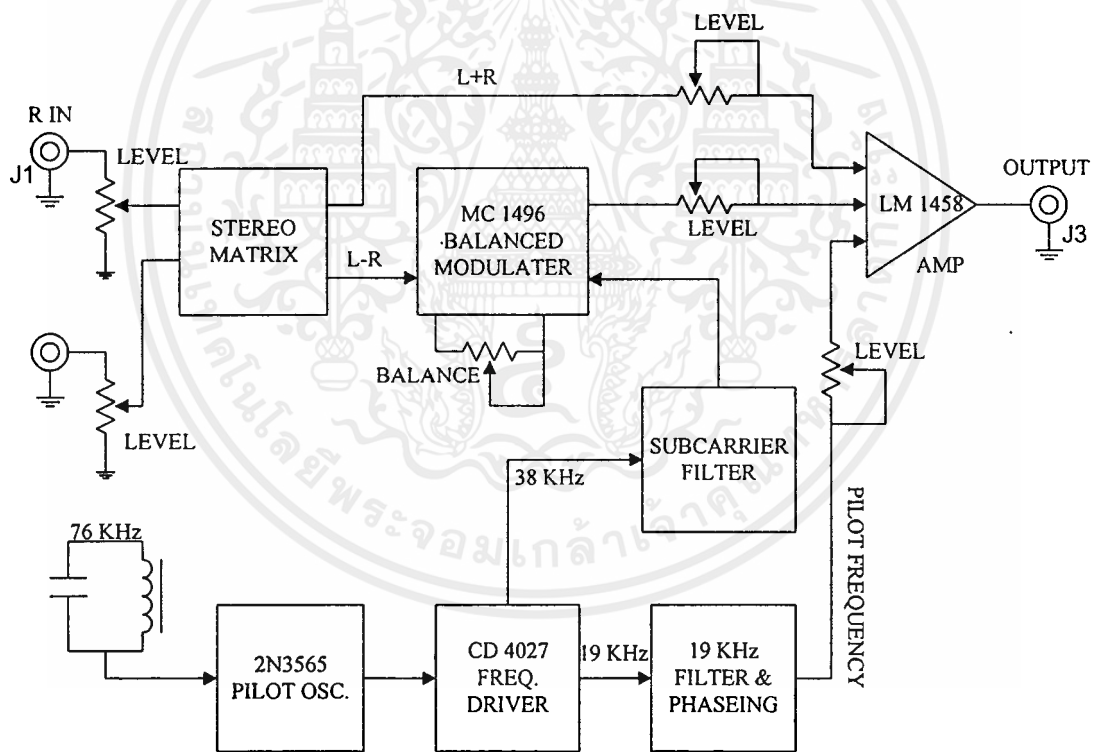
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็น โครงสร้างของสถานีส่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. วงจรระบบเสียงสเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์
2. วงจรระบบเข้ารหัส
3. วงจรกำเนิดความถี่คลื่นพาห้อย่อย
4. วงจรปรับแต่งและวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง
5. วงจรเครื่องส่งเอฟเอ็ม

1) วงจรระบบเสียงสเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์

ในวงจรภาคนี้ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ตามผังการทำงาน ดังรูปที่ 3.3



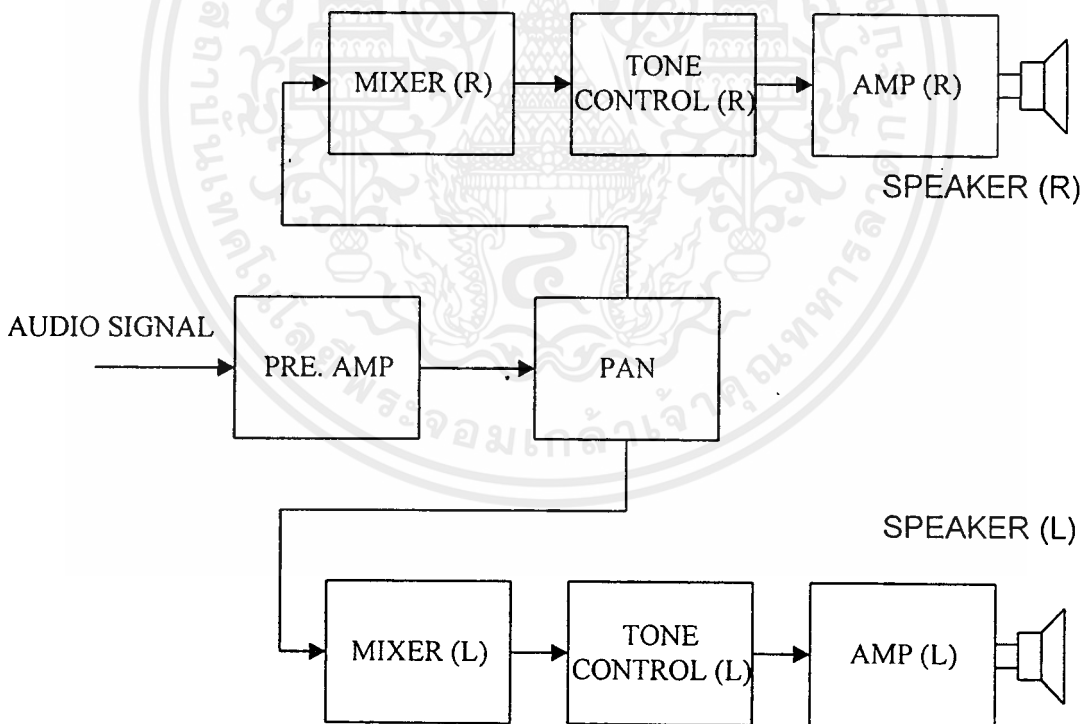
รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของระบบเสียงสเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์

จากรูปจะเห็นว่า สามารถแบ่งส่วนต่างๆ ออกเป็นดังนี้

- วงจรสเตอริโอมีกเซอร์ (Stereo Mixer Input)
- วงจรขยายสเตอริโอเมตริกซ์ (Stereo Matrix Amp)
- บาลานซ์มอดูเลชัน (Balance Modulation)
- วงจรไฟลิตโทน (Pilot tone) และวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห่อย่อย (Sub-carrier Frequency Generator)
- วงจรขยายผลรวม (Summing Amplifier)

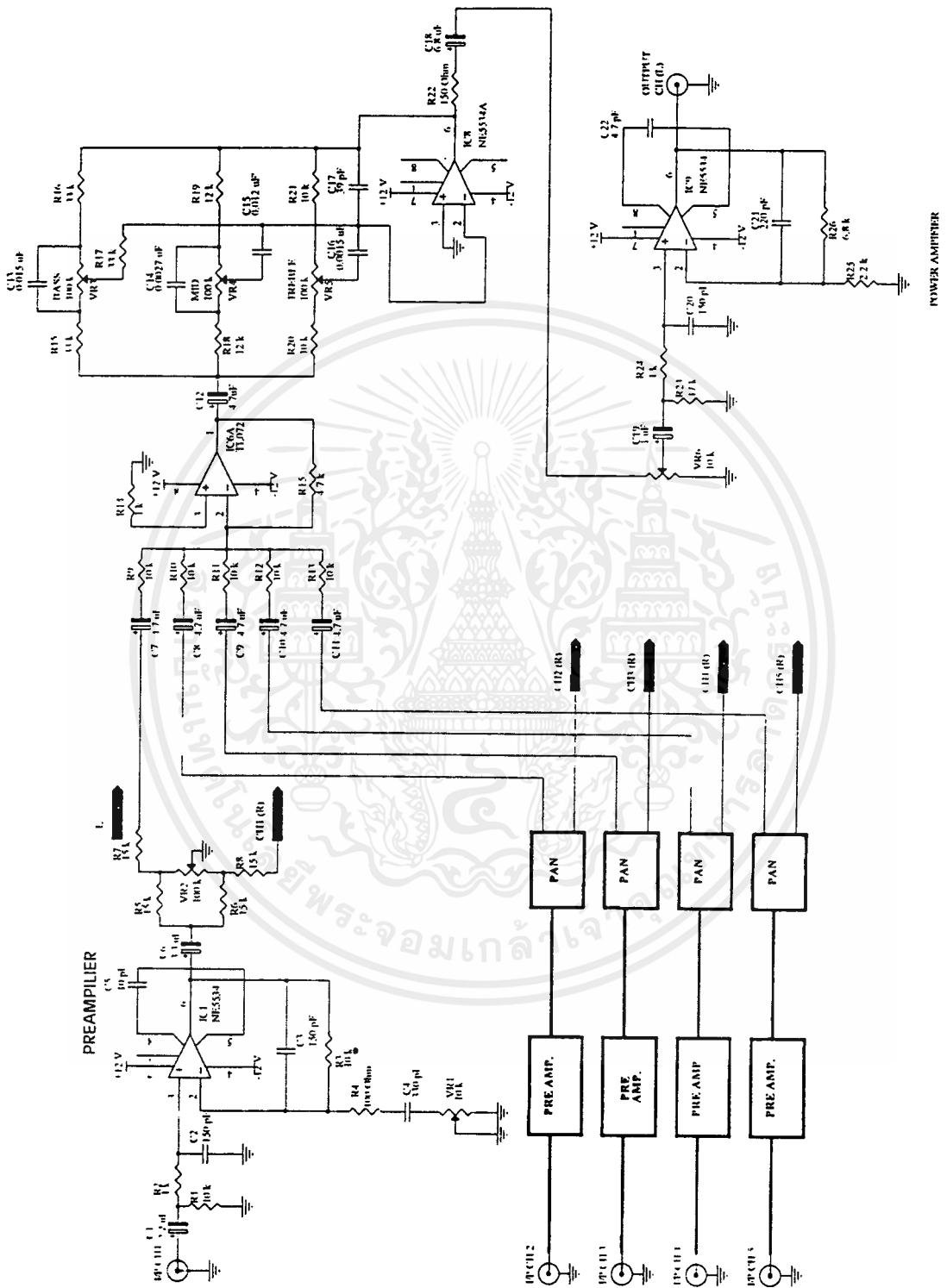
วงจรสเตอริโอมีกเซอร์ (Stereo Mixer Input)

ในวงจรส่วนนี้ประกอบด้วยผังการทำงานดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของระบบสเตอริโอมีกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรสเตอริโอไมกเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียด และการทำงานของวงจรถอริโอมิกเซอร์

จากรูปที่ 3.5 สัญญาณอินพุตจะเข้ามาโดยผ่านตัวเก็บประจุ C1 เพื่อเข้าสู่ภาคปรับอัตราการขยายสัญญาณ และชุดปรับแต่งเสียง 3 ช่วงความถี่ เมื่อผ่านวงจรรวมสัญญาณ (Mixer) แล้วตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 จะเป็นตัวปรับอัตราการขยายตั้งแต่ 6 dB ถึง 40 dB สัญญาณที่ผ่าน IC1 ลักษณะวงจรถอริโอมิกเซอร์ สัญญาณที่ได้จาก IC1 จะถูกขับปลั๊กผ่านตัวเก็บประจุ C6 สัญญาณที่ได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้ VR2 จะถูกแยกออกเป็น 2 ทางคือ ข้างซ้ายและข้างขวา เพื่อส่งเข้าสู่วงจรรวมสัญญาณ

สัญญาณจะเข้ามาที่อินพุตของ IC6 โดยผ่านตัวเก็บประจุ C7, C8, C9, C10, C11 และตัวต้านทาน R9, R10, R11, R12, R13 เข้ามาสู่ IC6 จัดวงจรเป็นวงจรถอริโอมิกเซอร์แบบป้อนกลับซึ่งเรียกว่า วงจรถอริโอมิกเซอร์รวม (Sum Amplifier) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์แอมป์สัญญาณที่ได้จะออกทางเอาต์พุต โดยผ่านตัวเก็บประจุ C12 เพื่อเข้าสู่วงจรถอริโอมิกเซอร์ 3 ช่วงความถี่

วงจรถอริโอมิกเซอร์ สามารถปรับแต่งสัญญาณเสียงได้ 3 ช่วงความถี่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มหรือตัดสัญญาณเสียงทุ้ม, เสียงกลาง, หรือเสียงแหลม สามารถเพิ่มและตัดได้ถึง ± 12 dB ชุดวงจรถอริโอมิกเซอร์จัดวงจรเป็นแบบแบ็คชันคอลล ฟีดแบค (Baxandall Feedback) ประกอบด้วย IC8

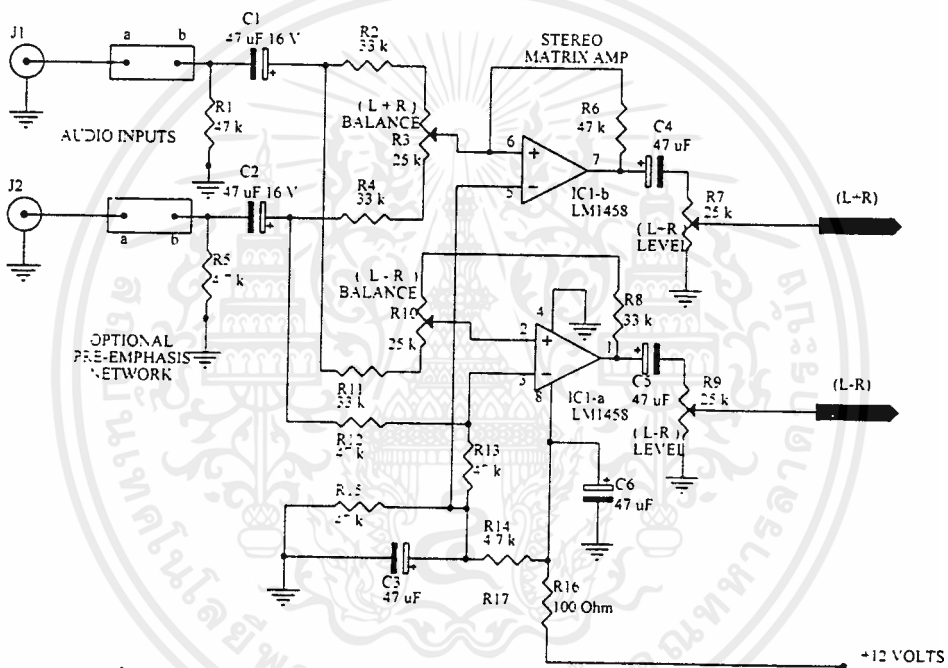
สัญญาณที่ได้จากวงจรถอริโอมิกเซอร์จะเข้าสู่วงจรถอริโอมิกเซอร์สุดท้าย โดยผ่านความต้านทานปรับค่าได้ VR6 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเฟดเดอร์ (Fader) สัญญาณจะผ่านตัวเก็บประจุ C19 และตัวต้านทาน R24 ไปเข้าขา 3 ของ IC9 ทำหน้าที่เป็นชุดขยายสัญญาณ โดยมีอัตราการขยายเป็น 6 dB ถึง 12 dB สัญญาณจากขา 6 เป็นเอาต์พุตของ IC9 เพื่อไปเข้าสู่วงจรถอริโอมิกเซอร์ต่อไป

วงจรถอริโอมิกเซอร์สเตอริโอเมทริกซ์ (Stereo Matrix Amplifier)

จากผังการทำงาน สัญญาณเสียงซีกซ้ายและขวา จะป้อนเข้ายังวงจรถอริโอมิกเซอร์ที่ทำงานด้วยไอซี LM1458 ภายในไอซี ประกอบไปด้วยออปแอมป์ (Op-Amp) 2 ตัว ออปแอมป์ตัวหนึ่งในไอซี จะทำหน้าที่เป็นตัวบวกสัญญาณตามรูปแบบทางพีชคณิต เป็นการรวมลูกคลื่นของสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกัน ซึ่งใช้สำหรับเป็นสัญญาณหลัก (Main Channel) ดังนั้น สัญญาณขาออก (Output) ที่ได้จึงเท่ากับสัญญาณขาเข้าของแต่ละอินพุต และเอาต์พุตที่ได้นี้ จะเป็นผลบวกทางพีชคณิต (L+R) ของสัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวา

ส่วนออปแอมป์อีกตัวหนึ่งภายในไอซี LM1458 ถูกจัดให้ทำหน้าที่เป็นตัวลบตามรูปแบบทางพีชคณิต (L-R) ของสัญญาณซิกซ้ายและซิกขวา เพื่อให้เกิดเป็นสัญญาณความแตกต่างสเตอริโอ (Stereo Difference Channel) ซึ่งสัญญาณเข้าซิกขวาจะนำไปลบกับสัญญาณเข้าซิกซ้ายในรูปสัญญาณ (L-R) สังเกตได้ว่าถ้าสัญญาณทั้งสองเหมือนกัน สัญญาณออก (L-R) จะเป็นศูนย์

สัญญาณหลัก (L+R) และสัญญาณความแตกต่างสเตอริโอ (L-R) ที่ได้ จะออกทางเอาต์พุตไปยังวงจรบาลานซ์มอดูเลชันต่อไป



รูปที่ 3.6 วงจรขยายสเตอริโอเมตริกซ์

รายละเอียดของวงจร

จากการทำงานของวงจรในรูป 3.6 จะเห็นว่า สัญญาณเสียงซิกซ้ายและซิกขวา จะเข้ามาทาง J1 และ J2 โดยผ่าน C1 และ C2 ซึ่งทำหน้าที่ ถ่ายทอดสัญญาณเสียงเข้าไปยัง R2 และ R4 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้า (Input Resistance) ของสัญญาณ (L+R) และในขณะเดียวกัน สัญญาณเสียงที่ถ่ายทอดผ่าน C1 และ C2 จะเข้ามายัง R11, R12 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้าของช่องสัญญาณ (L-R) ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน R3 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อระหว่าง R2 และ R4 ใช้สำหรับปรับแต่งให้อัตราการขยายสัญญาณของสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเท่ากัน ในอัตราส่วนของสัญญาณทั้งสองเท่ากับ 1 ต่อ 1

ในทางอุดมคติ ถ้า R2 และ R4 มีค่าเท่ากันจริงๆ R3 จะปรับที่ตำแหน่งกึ่งกลางพอดี ส่วน R6 เป็นตัวจัดให้วงจรออปแอมป์ มีอัตราการขยายเท่ากับ 1 (Unity Gain)

ส่วน IC1-b เป็นตัวขยายสัญญาณความแตกต่าง (L-R) มี R8, R10 และ R11 ต่ออยู่ในส่วนของวงจรที่ปรับค่าได้ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับ R2, R3 และ R4 สัญญาณซีกซ้ายถูกส่งผ่านเข้ามาโดยผ่านทาง R12 และ R13 วงจรนี้สร้างขึ้นได้จาก R14, R7 และ C3 ใช้สำหรับให้ไบอัสที่ค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันแหล่งจ่ายแก่ออปแอมป์ทั้งคู่

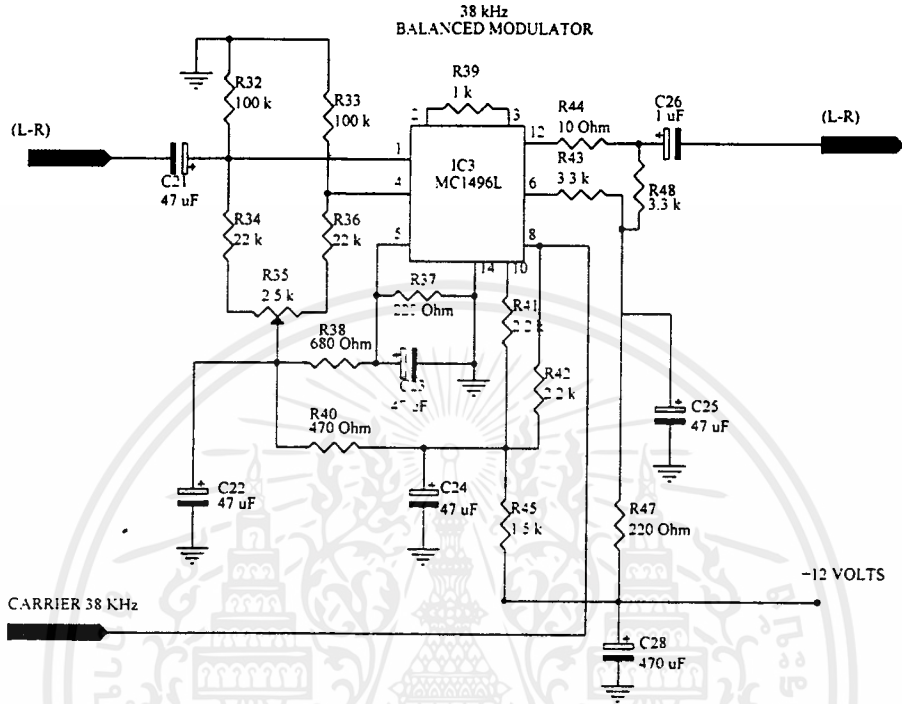
อัตราการขยายสัญญาณที่เข้ามาทางนอนอินเวอร์ตติ้ง (Non Inverting) ขา 3 ของ IC1-b จะเท่ากับ 2 ถ้า R11 เท่ากับ R8 โดยที่ R10 ตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง R12 และ R13 จะเป็นตัวแบ่งครึ่งสัญญาณอินพุตที่เข้ามา ส่วน R10 เป็นตัวปรับแต่งเพื่อให้สัญญาณอินพุตซีกซ้ายและสัญญาณออกของ IC1-b ต้องเท่ากับศูนย์ ซึ่งในทางอุดมคติแล้วเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้นสัญญาณ (L-R) เท่ากับศูนย์ สัญญาณอินพุตของทั้งสองจะเท่ากัน

สัญญาณ (L+R) จะออกทางขา 7 ของ IC1-a ผ่าน R7 ปรับระดับ (L+R) เพื่อส่งไปยังภาครวมสัญญาณ (Summing Amplifier) ต่อไป สัญญาณ (L-R) ที่ได้ออกทางขา 1 ของ IC1-b ผ่าน R9 เพื่อให้ระดับ (L-R) ส่งไปยังภาคบาลานซ์มอดูเลชันต่อไป

บาลานซ์มอดูเลชัน (Balance Modulation)

วงจรบาลานซ์มอดูเลชันเป็นการมอดูเลตสัญญาณ (L-R) เข้ากับสัญญาณความถี่คลื่นพาห่อย่อย 38 KHz โดยได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณของรหัสคลื่นพาห่อย่อยออกให้มากที่สุด ในรูปที่ 3.7 แสดงวงจรบาลานซ์มอดูเลเตอร์ โดยมี IC3 ทำหน้าที่เป็นบาลานซ์มอดูเลเตอร์ที่ทำให้สัญญาณ (L-R) คลื่นพาห่อย่อย ซึ่งเป็นหนึ่งของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เอาต์พุตของ IC3 จะเป็นสัญญาณผลต่างและผลรวมของความถี่ 2 ชุด ที่เข้ามาเป็นอินพุตที่ขา 1 (สัญญาณเสียง L-R) ขา 8 (38 KHz) และ IC3 ทำงานโดยไม่ให้สัญญาณอินพุตตัวหนึ่งตัวใดไปปรากฏออกที่ขาเอาต์พุตโดยลำพังเพียงสัญญาณเดียว โดย R3 เป็นตัวควบคุมระดับสัญญาณเสียง (L-R) ที่ผ่าน R35 เข้าไปยังขา 1 ของ IC3 ตัวต้านทาน R41-R47 ต่อกันเป็นวงจรที่ใช้ในการปรับค่าไบอัสกระแสตรง C22 ที่ต่อกับขากลางประมาณ 10 Ω ซึ่งค่านี้อาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้ถึง

2.2 k Ω ถ้าระดับสัญญาณที่ขา 12 ของ IC3 มีค่าสูงขึ้น สัญญาณที่ได้ออกมา 12 เพื่อไปเข้าวงจรขยายผลรวม (Summing Amplifier) ต่อไป



รูปที่ 3.7 วงจรบาลานซ์มอดูเลชัน

การปรับแต่งบาลานซ์ (Balance Control) เป็นการจัดค่าไฟตรงบนตัวไอซีให้มีการตัดคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz ออกให้ได้มากที่สุด (ถ้ามีสัญญาณเสียง (L-R) 1 KHz และคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz เข้ามาผสม ในขั้นตอนนี้จะมีสัญญาณรวม 37 KHz และ 39 KHz เท่านั้นที่ปรากฏทางเอาต์พุต ถ้ามีสัญญาณเสียง 10 KHz เข้ามา เราจะได้สัญญาณรวม 28 KHz และ 48 KHz ปรากฏเป็นสัญญาณออกที่เอาต์พุต)

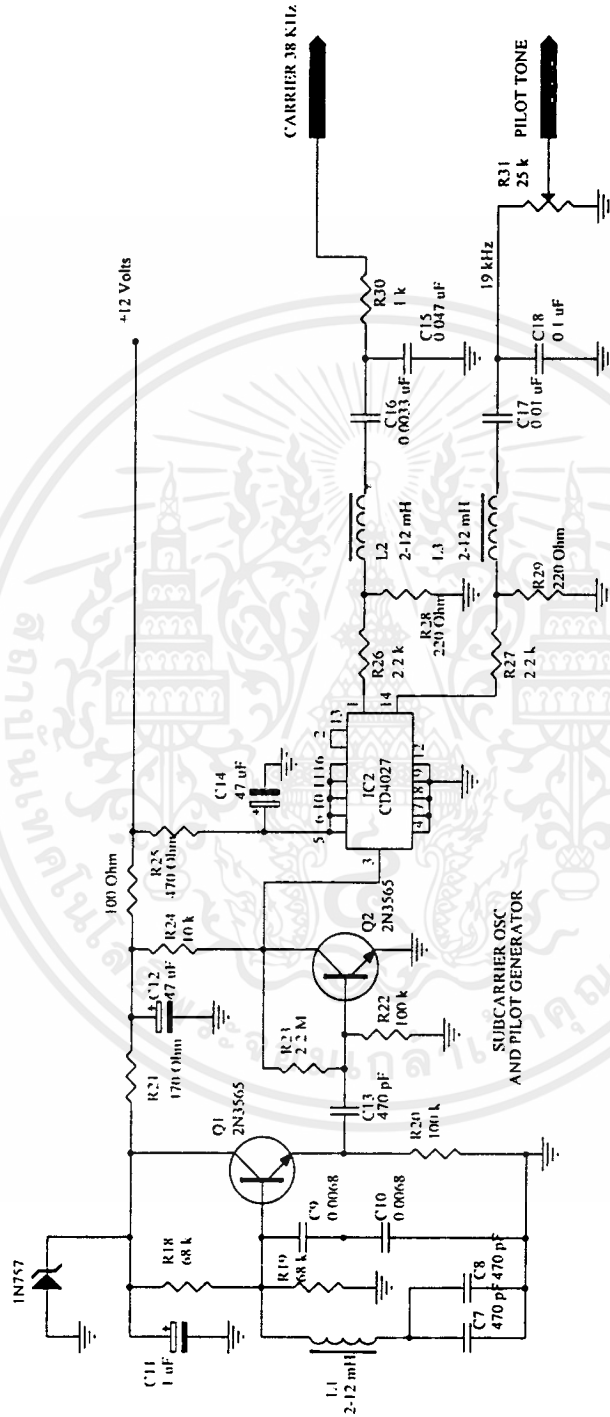
วงจรไฟลิตโทน (Pilot tone) และวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห้ย่อย (Sub-carrier Frequency Generator)

ในรูปที่ 3.8 แสดงวงจรกำเนิดความถี่ไฟลิตโทนและคลื่นพาห้ย่อย ซึ่งสัญญาณ 38 KHz ได้จากวงจรกำเนิดความถี่ 76 KHz โดยใช้ไอซีเบอร์ CD4027 ซึ่งมีฟลิปฟลอปอยู่ภายในสองชุดเป็นชุดหารความถี่ลงมา

ฟลิปฟลอปชุดที่หนึ่งจะหารความถี่ 76 KHz ลงมาเป็น 38KHz และฟลิปฟลอปอีกตัวหนึ่งจะหารความถี่ 38 KHz ลงมาเป็นความถี่ 19 KHz สัญญาณ 38 KHz และ 19 KHz ทั้งคู่นี้ต่างก็เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม จึงต้องให้มีการผ่านวงจรรองเสียก่อน เพื่อเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์

ทางด้านเครื่องส่งจะต้องกำเนิดสัญญาณไฟลิต 19 KHz และคลื่นพาห้ย่อย 38 KHz ในที่นี้ Q1 เป็นตัวออสซิลเลเตอร์ที่ให้สัญญาณเอาต์พุต 76 KHz ค่าความถี่ของวงจรหาได้จากเน็ทเวอร์คที่ประกอบขึ้นจาก C7-C10 และค่าอินดักเตอร์ L1 ซึ่งสามารถปรับค่าได้ เพื่อให้ได้ค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ 76 KHz อย่างแท้จริง

สัญญาณออสซิลเลเตอร์จะถูกส่งผ่าน C13 ไปยัง Q2 ซึ่งเป็นตัวขยายบัฟเฟอร์ และ R22-R24 เป็นตัวที่ให้ไบอัสแก่ Q2 ในขณะที่ C12 และ R17 เป็นตัวกรองสัญญาณ เพื่อขจัดความถี่ 76 KHz ออกจากสาย B+ ขบวนการพัลส์ลบที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q2 จะถูกส่งไปยัง IC2 ซึ่งมีฟลิปฟลอปอยู่ภายในสองตัว ตัวหนึ่งจะหาร 2 ที่ความถี่ 76 KHz ไปเป็นความถี่ 38 KHz ส่วนฟลิปฟลอปอีกตัวหนึ่งจะหาร 2 ที่ความถี่ 38 KHz อีกครั้งไปเป็นความถี่ 19 KHz สัญญาณความถี่ที่ได้เหล่านี้ จะเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม แต่เนื่องจากเราต้องการคลื่นรูปไซน์ จึงต้องมีวงจรรองความถี่ฮาร์โมนิกเสียก่อน เพื่อให้ความถี่พินคาเม้นท์เหล่านั้นที่ผ่านวงจรรองความถี่ไปได้ โดยมีวงจรรองความถี่อยู่ 2 ชุด คือ ชุด L2, C15 และ C16 สำหรับกรองความถี่ 38 KHz และชุด L3, C17 และ C18 สำหรับกรองความถี่ 19 KHz R30 จะเป็นตัวส่งผ่านคลื่นไซน์ 38 KHz (ค่าประมาณ 1 Vp-p) เข้าไปยัง IC3 ซึ่งเป็นภาคมอดูเลเตอร์ R31 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ ใช้สำหรับควบคุมระดับสัญญาณไฟลิต 19 KHz ที่ผ่าน C19 ไปยังวงจรรวมสัญญาณคลื่นพาห้ย่อย ทำได้โดยการปรับ L2 และ L3



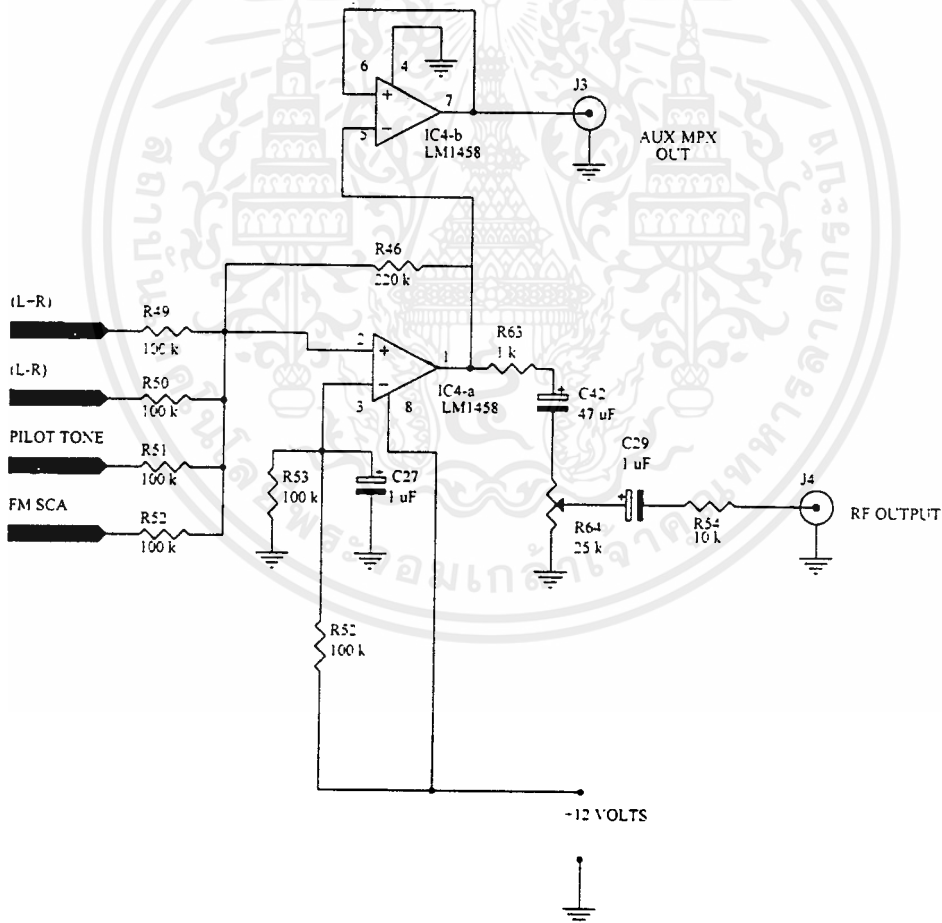
รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดความถี่พilotโทน และคลื่นพหุข้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรขยายผลรวม (Summing Amplifier)

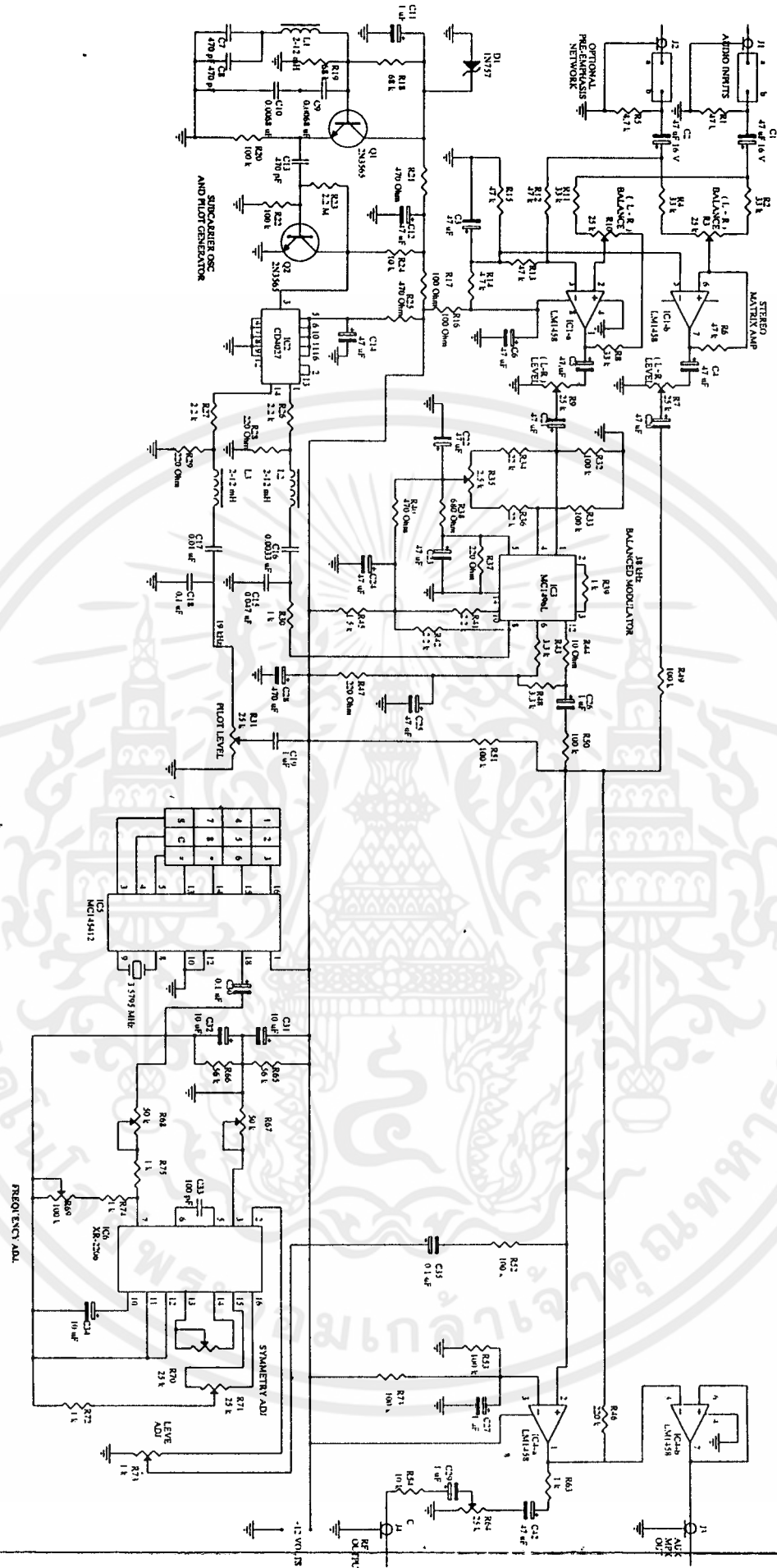
วงจรมนี้จะรวมสัญญาณ (L+R), (L-R), Subpress carrier, Pilot tone เข้าด้วยกัน จะได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณสเตอริโอโมัลติเพล็กซ์

ในรูปที่ 3.9 แสดงวงจรรขยายผลรวม โดยใช้ IC4 ทำหน้าที่เป็นวงจรรขยายผลรวม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรก IC4-a คือเป็นวงจรรขยาย โดยสัญญาณทั้งหมดมารวมเข้าที่ขา 2 และได้เอาต์พุตออกมาที่ขา 1 ผ่าน R64 เป็นตัวปรับควบคุมการเบี่ยงเบนสัญญาณเอฟเอ็ม และอีกชุดหนึ่งจะต่อไปเข้าชุดที่ 2 ของ IC4-b ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกันชน (Buffer) ในกรณีต้องการนำสัญญาณที่ได้ไปต่อกับเครื่องส่งชุดอื่นๆ และทำหน้าที่ควบคุมการเบี่ยงเบนของความถี่เพื่อส่งไปยังเครื่องส่งต่อไป



รูปที่ 3.9 วงจรรขยายผลรวม

IC4 เป็นวงจรเอาต์พุตที่มีเกนการขยายสัญญาณรวมเท่ากับ 2 มี R52, C27 และ R53 เป็นตัวให้ไบอัสแก้ออปแอมป์ที่ค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันจ่ายไฟ สัญญาณเสียง L+R จากขากลางของ R7 จะส่งผ่าน C20 มายัง R49 สัญญาณคลื่นพาห้อย L-R จะส่งผ่าน C26 มายัง R50 และสัญญาณที่เหลือจาก R31 จะส่งผ่านมายัง R51 สัญญาณทั้งสามจะถูกขยายเป็นสัญญาณออกทางขา 1 ของ IC4 ที่ IC4-b เป็นจุดสัญญาณออก AUX เพื่อส่งไปยังวงจรถูกส่งอีกครั้ง

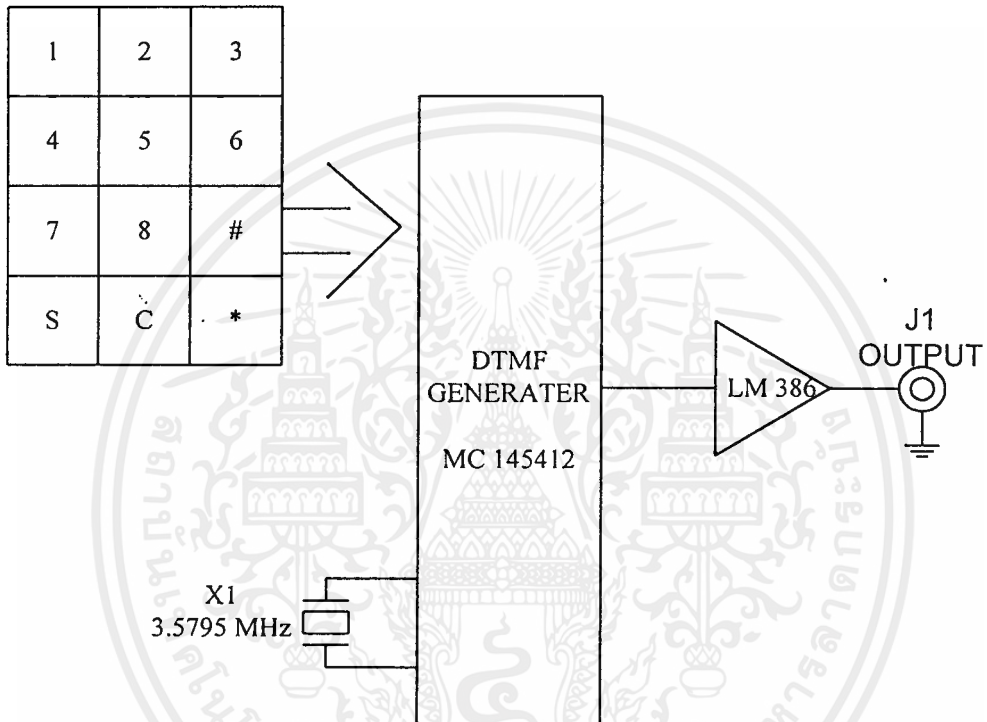


รูปที่ 3.10 วงจรรวมของระบบเสียงสเตอริโอมีลิตเพล็กซ์

ในรูปที่ 3.10 เป็นวงจรระบบเสียงสเตอริโอมีลิตเพล็กซ์ ซึ่งได้รวบรวมเอาวงจรส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน

2) วงจรเข้ารหัส (Encoding)

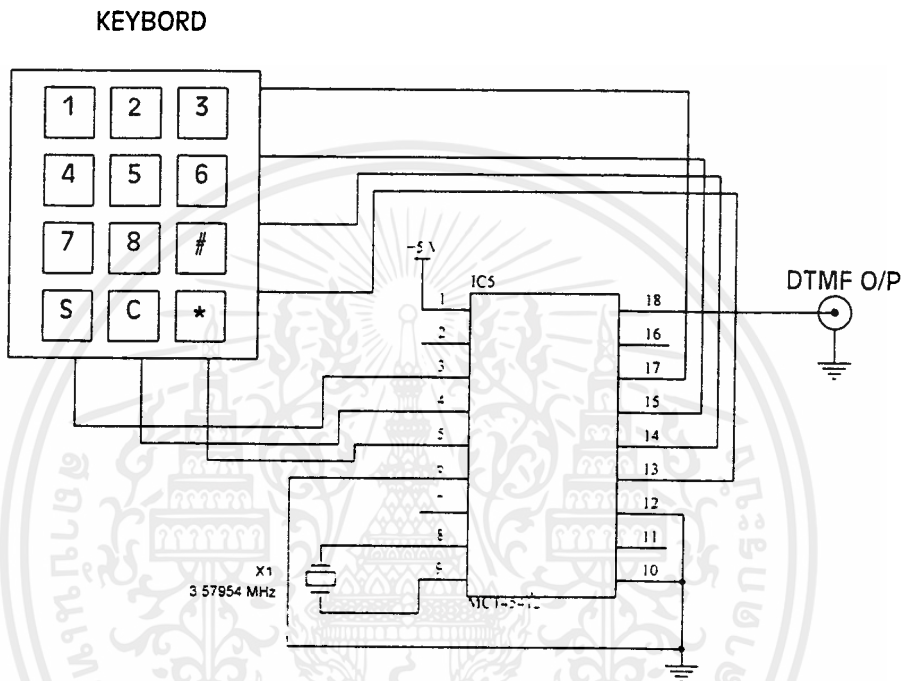
วงจรเข้ารหัสที่นำมาใช้ในการส่งนี้ เป็นหลักการของวงจร DTMF ซึ่งเป็นตัวกำหนดรหัส โดยจะใช้หมายเลข หรือสัญลักษณ์บนคีย์บอร์ด เป็นตัวกำหนดรหัสของพื้นที่ต่างๆ ที่ใช้งาน ผังการทำงานของวงจรมีแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ผังการทำงานของ DTMF

วงจรจริงที่ใช้แสดงในรูปที่ 3.12 โดยใช้ไอซีเบอร์ MC145412 เป็นตัวกำหนดรหัส ความถี่ ซึ่งภายในของไอซีตัวนี้ประกอบไปด้วย วงจรออสซิลเลเตอร์, วงจรนับ (Counter) วงจรถอดรหัส และวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (D/A Converter) โดยใช้คีย์แบบ 4x4 หรือ 4x3 มาต่อใช้งาน โดยเมื่อมีการกดคีย์ใดๆ จะทำให้วงจรถอดรหัสไปนารีทำงาน และผ่านไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกทั้งทางแนวนอนและแนวตั้ง จะได้สัญญาณอนาล็อก และรวมกันเป็นสัญญาณ 2 ความถี่ที่ทางเอาต์พุต

จากวงจรที่ใช้งานมีไอซีเบอร์ MC145412 เป็นตัวกำหนดในการทำงานโดยใช้คริสตัล ความถี่ 3.57954 MHz เป็นความถี่อ้างอิงในการทำงาน ซึ่งสวิทช์คีย์ต่ออยู่ที่ขาของ R1-R4 และ C1-C4 เมื่อมีการกดสวิทช์คีย์ สัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตจะไปออกที่ขาดีทีเอ็มเอฟเอาต์พุต (ขา 16) แล้วนำไปมอดูเลตกับความถี่คลื่นพาห่อย่อยต่อไป



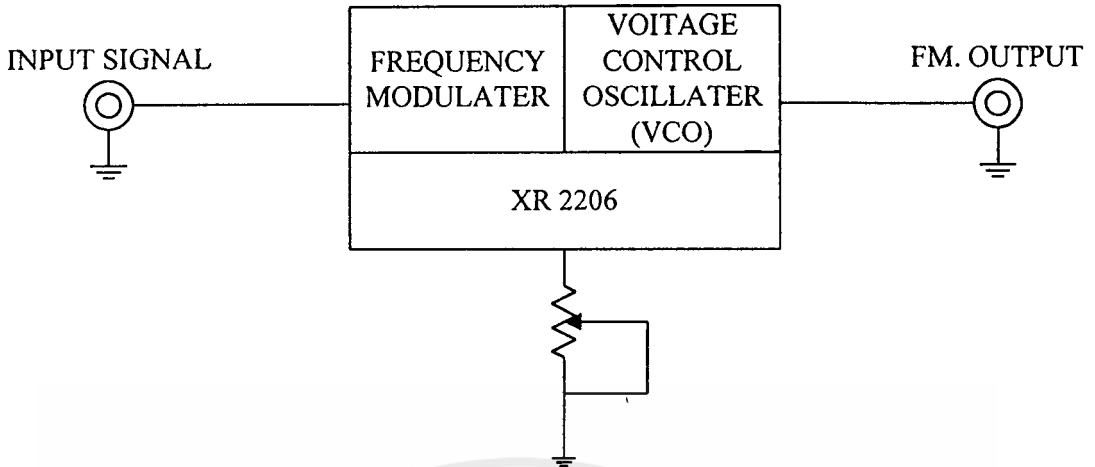
รูปที่ 3.12 วงจรผลิตสัญญาณ DTMF

3) วงจรกำเนิดความถี่คลื่นพาห่อย่อย

ในรูปที่ 3.13 เป็นผังการทำงานของไอซีเบอร์ XR-2206 ที่ใช้ในวงจรกำเนิดความถี่คลื่นพาห่อย่อย โดยลักษณะการทำงานของไอซีสามารถทำงานได้จากภาคต่างๆ คือ

เป็นไอซีโมโนลิทิกฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งเป็นไอซีหลักในการทำงานของภาคนี้ โดยจะกำเนิดความถี่ที่ 67 KHz และใช้การมอดูเลตในคลื่นพาห่อย่อยแบบเอฟเอ็มมอดูเลชัน โดยความถี่ที่ได้สามารถหาได้จากสูตร

$$f_0 = 1/RC \quad \text{Hz}$$



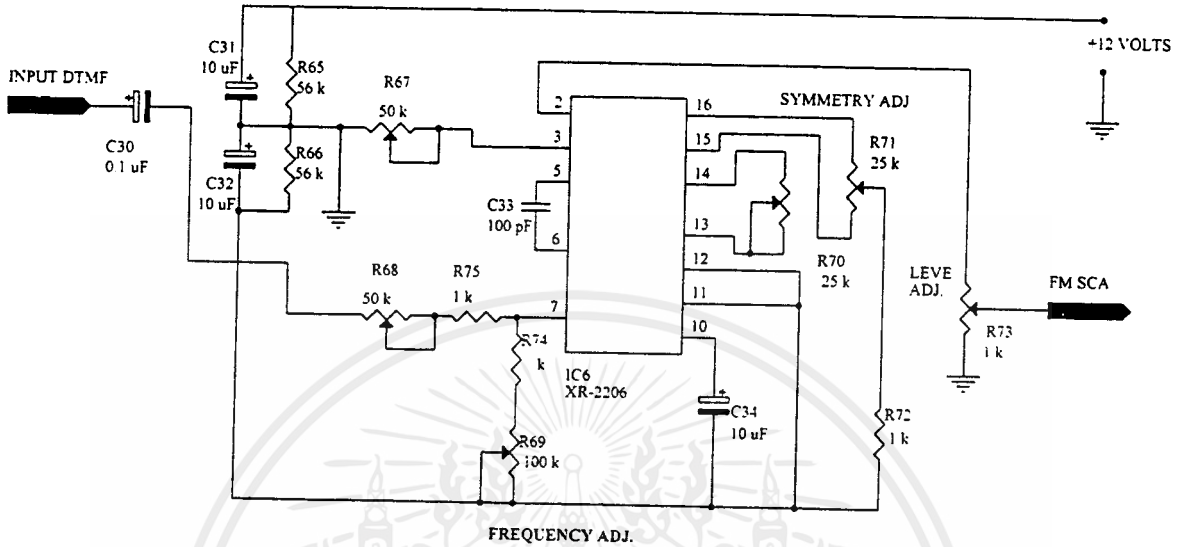
รูปที่ 3.13 ผังการทำงานของไอซีเบอร์ XR-2206

วงจรกำเนิดความถี่คลื่นพาห้อย่อยที่ใช้ในงานจริงมีการต่อใช้งานตามรูปที่ 3.14 ซึ่งต่อเป็นวงจรคลื่นซายน์ที่มีตัวต้านทานจับเวลา (Timing Resister) ประกอบด้วย R65 และ R66 ต่ออนุกรมกันอยู่ ความถี่ที่ได้ขึ้นอยู่กับค่า C33 และ R65 ซึ่งช่วงความถี่ที่ต้องการจะใช้ C33 เท่ากับ $0.001 \mu\text{F}$ โดยที่ขา 13 และขา 14 มีตัวต้านทานปรับค่าได้ไว้เพื่อปรับความลาดชันของสัญญาณ ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ขา 3 เป็นตัวปรับขนาดของสัญญาณ ปกติขนาดของสัญญาณมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ (V_{cc}) เพื่อไม่ให้สัญญาณโดนจำกัดขนาด ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ที่ขา 15 และ ขา 16 เป็นตัวปรับความสมมาตรของสัญญาณซายน์

ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อขา 2 กับกราวด์ (Ground) เป็นตัวปรับระดับแรงดันกระแสตรงทางเอาต์พุตเพื่อให้อยู่ที่กราวด์จริงๆ เนื่องจากวงจรทำงานที่ไฟบวก-ลบ จึงอาจมีองค์ประกอบของแรงดันกระแสตรงเข้ามาเกี่ยวข้อง

ส่วนสัญญาณอินพุตที่เข้ามามอดูเลตนั้นนำมาต่อเข้าที่อินพุตของเอฟเอ็มมอดูเลชัน (FM Modulation) ของวงจร R75 และ C30 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณกับแรงดันไฟตรงที่ป้อนเข้ามาควบคุมการทำงานของวงจร โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวปรับความไวของวงจร เมื่อไม่มีสัญญาณเข้ามามอดูเลตจะให้เอาต์พุตมีความถี่เท่ากับ 67 KHz แต่หากมีอินพุตเข้ามาทำให้เอาต์พุตเบี่ยงเบนได้ตามสัญญาณอินพุตที่เข้ามา และสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรจะ

ผ่านตัวต้านทานปรับค่า R73 ได้เพื่อลดขนาดของสัญญาณลง 10% ของความถี่หลัก เพื่อนำไปมอดูเลตกับคลื่นพาห้อย่อยของวงจร โดยต่อเข้าที่อินพุตของวงจรมอดูเลต



รูปที่ 3.14 วงจรคลื่นพาห้อย่อย

4) วงจรปรับแต่งและวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง

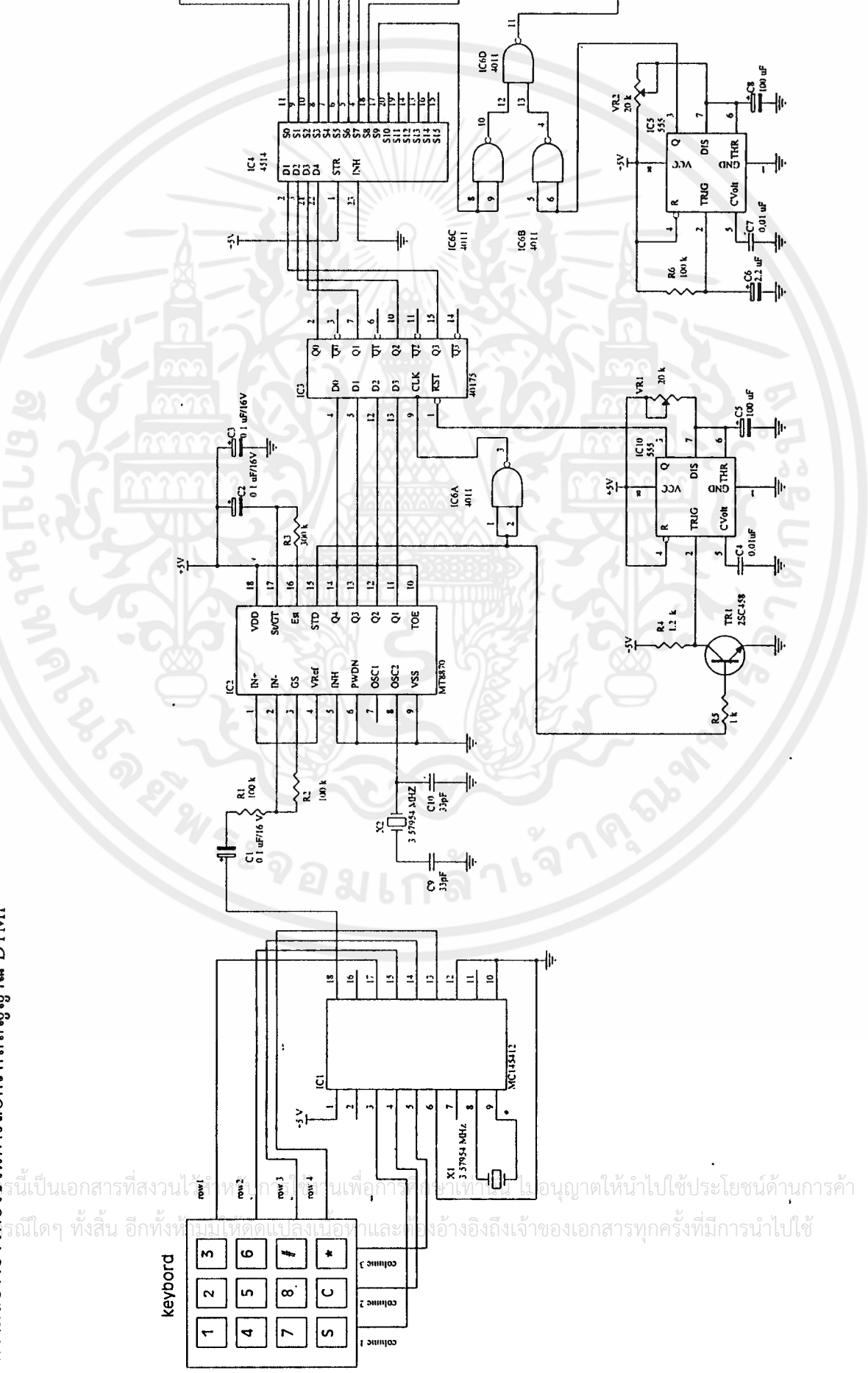
วงจรปรับแต่งจะทำหน้าที่ปรับแต่งให้ระบบเสียงเป็นระบบสเตอริโอที่สมบูรณ์ และปรับแต่งให้เป็นระบบ ไฮ-ไฟ (HI-FI) คือ สามารถตอบสนองความถี่เสียงได้ครบตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20 KHz ซึ่งเป็นสัญญาณเสียงที่มนุษย์สามารถรับฟังได้

วงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง ทำหน้าที่แสดงผลด้วยแอลอีดี (LED) ว่าขณะนี้เครื่องรับตัวแต่ละตัวมีสถานะการทำงานเป็นอย่างไร ซึ่งวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่งแสดงดังรูปที่ 3.15

หลักการการทำงานของวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง

จากรูปที่ 3.15 หัวใจสำคัญของวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่งอยู่ที่ชุดถอดรหัสสัญญาณ DTMF โดยใช้ไอซีเบอร์ MT8870 และชุดถอดรหัสสัญญาณเลขฐาน 16 โดยใช้ไอซีเบอร์ 4514 เมื่อมีสัญญาณ DTMF เกิดขึ้นจากวงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF ในขณะที่ทำการกดแป้นคีย์หมายเลขต่างๆ จะมีความถี่ต่างๆ ที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันในแต่ละหมายเลข

เลขสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดแป้นคีย์ จะถูกส่งผ่านตัวต้านทาน (R1 และ R2) เข้าสู่ IC2 เบอร์ MT8870 ที่ขา 2 และขา 3 เพื่อทำการแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาทางออกเป็น 2 กลุ่ม ความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ ซึ่งอยู่ภายใน IC2 เบอร์ MT8870 และจะมีคริสตัล X2 และ C9, C10 ซึ่งต่ออยู่ที่ขา 8 เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่อ้างอิง เพื่อใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF



รูปที่ 3.15 วงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง

ส่วน R3 และ C2 ที่อยู่ขา 16 (EST) และขา 17 (ST/GT) เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบระยะเวลาของสัญญาณ DTMF Input ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาเท่าไรในการถอดรหัส ซึ่งสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาจะต้องมีค่ามากกว่าค่าที่ตั้งไว้ ต่อจากนั้นสัญญาณ DTMF ที่ถูกแยกความถี่ออกเป็น 2 ช่วงความถี่ ก็จะถูกถอดรหัสเป็นรหัสเลขฐาน 2 ออกที่ขา 11 (Q1), 12 (Q2) 13 (Q3) และ 14 (Q4) ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และในขณะที่มีสัญญาณ DTMF เข้ามา ขา 16 จะเป็นตัวแสดงผลโดยถ้าหากมีสัญญาณเข้ามาเป็นระดับ "1" และเมื่อไม่มีสัญญาณ DTMF และมีระดับเป็น "0"

Flow	Fhigh	No	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
325	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
941	1336	S	H	1	0	1	0
852	1477	*	H	1	0	0	0
941	1477	#	H	1	1	0	0
941	1209	C	H	1	0	1	1

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ถอดรหัสจากความถี่ต่างๆ ของวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง

เมื่อสัญญาณ DTMF ได้ทำการถอดรหัสเป็นรหัสเลขฐาน 2 แล้วก็จะถูกส่งเข้าสู่ IC3 ที่ขา 4 (D0), ขา 5 (D1), ขา 12 (D2) และ ขา 13 (D3) ซึ่ง IC3 นี้ จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลไปยัง IC4 เพื่อทำการถอดรหัสเป็นเลขฐาน 16 โดยระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูลไปยัง IC4 จะถูกกำหนดได้โดยวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator) ที่ใช้ IC10 เบอร์ 555 โดยสัญญาณจากขา 15 (STD) ของ IC2 เบอร์ MT8870 มาใช้เป็นสัญญาณกระตุ้น โดยต่อเข้ากับขาเบสของ TR1 เมื่อมีสัญญาณในระดับที่เป็น "1" เข้ามาก็จะทำให้ TR1 นำกระแส ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมขาคอลเลกเตอร์และขาวีมิตเตอร์ (Vce) ของ TR1 ที่ต่ออยู่กับขา 2 ของ IC10 เบอร์ 555 ไม่มีอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ตามสัญญาณที่ขา 15 (STD) ของ IC2 เบอร์ MT8870 ทำให้เกิดเป็นสัญญาณกระตุ้นให้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ขา 2 ของ IC10 เบอร์ 555 ทำให้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ทำการผลิตสัญญาณพัลส์ออกมาทางขา 3 มีระดับเป็น "1" อยู่ช่วงเวลาหนึ่งป้อนเข้าสู่ขา 1 ของ IC3 (RST) โดยช่วงเวลาของพัลส์ที่ป้อนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ C5 และค่าตัวต้านทานที่ปรับไว้ VR1 ของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และเพื่อทำให้เกิดการส่งผ่านข้อมูลได้จะต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่เกิดขึ้นช้ากว่าสัญญาณที่เกิดขึ้นที่ขา 3 ของ IC3 เบอร์ 555 เล็กน้อย เพื่อป้อนให้ขา 9 ของ IC3 ดังนั้นจึงใช้สัญญาณที่ออกจากขา 15 (STD) ของ IC2 เบอร์ MT8870 มาผ่าน IC6 ซึ่งต่อเป็นแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ทำให้สามารถหน่วงเวลาให้ช้าลงได้แล้วจะต่อเข้ากับขา 9 ของ IC3 เบอร์ 40175

จากนั้นสัญญาณรหัสเลขฐาน 2 ที่ออกจากขา 2 (Q0), 7 (Q1), 11 (Q2) และ 14 (Q3) จะต่อเข้ากับขา 2 (D1), 3 (D2), 21 (D3) และ 22 (D4) ของ IC4 เบอร์ 4514 ซึ่งจะทำการถอดรหัสสัญญาณออกมาเป็น "1" ตามหมายเลขที่ได้ทำการจดหมายเลขอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง ตามระยะเวลาที่กำหนดโดยวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ส่งข้อมูลแล้วจะกลับเป็น "0" เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณนาฬิกา ให้กับ IC11, IC7, IC8, IC9 เบอร์ 4027 ซึ่งเป็นไอซี JK Flip-Flop เพื่อทำการต่อให้เป็น T-Flip-Flop โดยสัญญาณที่ออกจากขา IC4 เบอร์ 4027 ในแต่ละตัว ต่อจากนั้นสัญญาณเอาต์พุตของ IC11, IC7, IC8, และ IC9 ก็จะไปขับแอลอีดี (LED) ในแต่ละตำแหน่งเพื่อจะแสดงผลการทำงานของเครื่องส่งต่อไป

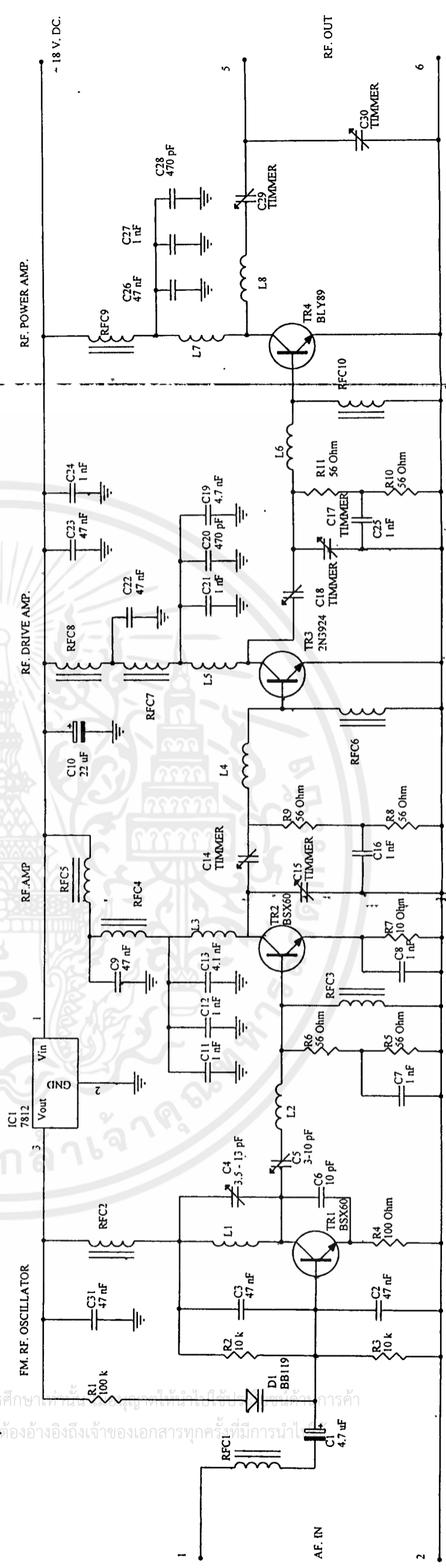
ส่วนของ IC5 เบอร์ 555 จะเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จะทำหน้าที่เคลียร์ข้อมูลของฟลิปฟลอปในวงจรแสดงผล ในขณะที่ทำการเปิดเครื่องส่ง ซึ่งที่ขา 2 ของ IC5 นั้นจะกำเนิดสัญญาณกระตุ้น ในขณะที่เปิดเครื่องโดยตัวเก็บประจุ C6 และตัวต้านทาน R6 เนื่องจากว่า ในขณะที่เปิดเครื่องนั้น แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C6 นั้น จะเป็น 0 V และจะ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความถี่ของจอร์จอสซิลเลเตอร์นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าคาปาซิแตนซ์ที่อยู่ภายในของวารีแคป DI และค่าคาปาซิแตนซ์ภายในของ DI จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันตกคร่อมที่ตัวมัน เมื่อสัญญาณเสียงซึ่งมีแรงดันเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยมีขนาดส่วนสูง (แอมป์ลิจูด) ของสัญญาณสูงๆ ต่ำๆ ผ่าน RFC1 และ C1 เข้ามาตกคร่อมที่วารีแคป DI ทำให้สัญญาณคลื่นพาห์ RF ของภาคออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแปลงความถี่ไปตามสัญญาณเสียงด้วย ซึ่งเป็นลักษณะการมอดูเลตสัญญาณในระบบเฟม

ตัวเก็บประจุ C6 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดการออสซิลเลเตอร์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้นในวงจรออสซิลเลเตอร์ C5 เป็นตัวคัปปลิงสัญญาณชนิดปรับค่าได้ จะทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณออกของวงจรออสซิลเลเตอร์ให้เข้าไปยังวงจรมอดูเลตสัญญาณ RF ในภาคต่อไป

สัญญาณ RF ที่ออกจากภาคออสซิลเลเตอร์จะถูกขยายสัญญาณให้แรงขึ้น โดย TR2 และวงจรรวม ซึ่งทำหน้าที่เป็นภาคขยายสัญญาณ RF แบบคลาส C สัญญาณออกของภาคขยายสัญญาณ RF นี้จะผ่านวงจรมอดูเลตสัญญาณ RF ประกอบด้วย C14, C15 และ L4 ก่อนถูกส่งเข้าไปขยายให้มีกำลังแรงขึ้นอีก ในภาคขยายสัญญาณ RF ที่ 2 ซึ่งเป็นภาคต่อไป



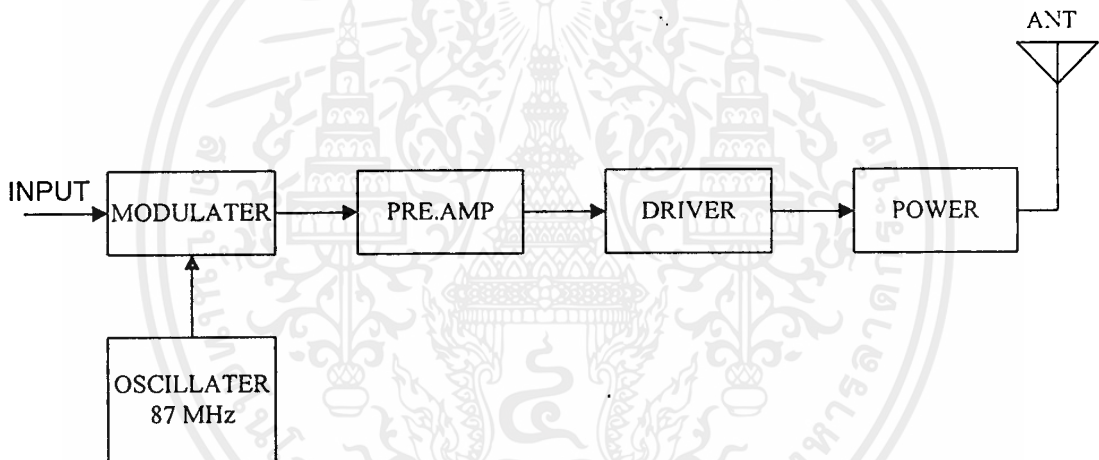
รูปที่ 3.17 วงจรเครื่องส่งเฟม

ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นระดับสัญญาณ "1" ซึ่งจะทำได้สัญญาณกระตุ้นในขณะที่เปิดเครื่อง ทำให้วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์กำเนิดสัญญาณออกที่ขา 3 เป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะถูกกำหนดช่วงเวลาโดยตัวเก็บประจุ C8 และ C9 และสัญญาณที่ออกจากขา 3 ก็จะต่อเข้าสู่ขาเคลียร์ (CLR) ของฟลิปฟลอปแต่ละตัวในวงจร

5) วงจรเครื่องส่งเอฟเอ็ม

รายละเอียดและการทำงานของวงจรเครื่องส่งเอฟเอ็ม

ผังการทำงานแสดงการทำงานของเครื่องส่ง ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ผังการทำงานแสดงการทำงานของเครื่องส่ง

ในรูปที่ 3.17 เป็นวงจรเครื่องส่งเอฟเอ็ม จะเห็นว่า วงจรเครื่องส่งแบ่งการทำงาน ออกเป็น 4 ภาค ภาคแรกเป็นภาคออสซิลเลเตอร์ มีTR1 และวงจรร่วม ทำหน้าที่ในการสร้างความถี่คลื่นพาห้วิทยุ ค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ของวงจรนี้กำหนดขึ้นจากค่าของโครงข่าย LC ซึ่งประกอบด้วย L1 และ C4 โดย C4 เป็นตัวเก็บประจุปรับค่าได้แบบทริมเมอร์สำหรับใช้เป็นตัวปรับจูนให้ได้ค่าความถี่คลื่นพาห้ตามที่ต้องการ ในภาคนี้จะมีการมอดูเลตสัญญาณความถี่เสียงเข้ากับสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ของวงจร ซึ่งใช้เป็นคลื่นพาห้ส่งออกอากาศของเครื่องส่งในระบบเอฟเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคขยายสัญญาณ RF ที่ 2 หรือภาคขับสัญญาณ RF มี TR3 และวงจรร่วม ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ RF แบบคลาส C ภาคนี้จะขยายสัญญาณ RF ที่ถูกขยายสัญญาณมาแล้วให้มีกำลังมากขึ้น จนพอที่จะส่งไปขับภาคขยายกำลังสัญญาณ RF ในภาคสุดท้ายสัญญาณออกของวงจรนี้จะผ่านวงจรจูน ซึ่งประกอบด้วย C17, C18 และ L6 ก่อนส่งเข้าไปยังวงจรภาคขยายสัญญาณกำลัง RF ต่อไป

ภาคขยายกำลังสัญญาณ RF ภาคสุดท้ายของเครื่องส่งทำงานโดย TR4 และวงจรร่วม วงจรภาคนี้จะทำงานขยายสัญญาณในแบบคลาส C สัญญาณ RF จะถูกส่งเข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตให้กับภาคนี้ จะถูกขยายให้มีกำลังสูงขึ้นก่อนส่งออกไปในสายอากาศ ตัวเก็บประจุ C30 พร้อมด้วย L8 และ C29 ทำหน้าที่เป็นตัวจูนทางภาคเอาต์พุตเข้ากับสายอากาศเพื่อให้ภาคสุดท้ายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

RFC ทั้งหมดที่ใช้ในวงจรจะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นสัญญาณ RF สะสม (Stray RF-Signal) ที่ตกค้างในวงจรเครื่องส่งไม่ให้รั่วไหลเข้าไปยังภาคจ่ายไฟ หรือไม่ให้เข้าไปยังภาคมิทเซอร์หรือภาคปริแอมป์ของเครื่องเสียงที่นำมาใช้ร่วมในการป้อนสัญญาณเสียงมอดูเลตให้กับเครื่องส่ง

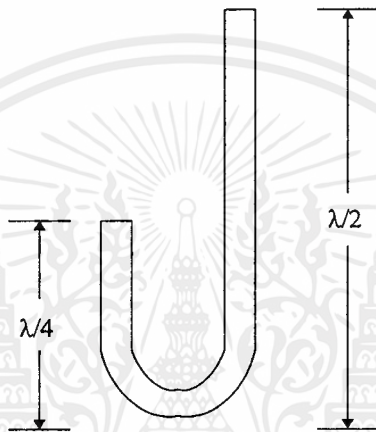
ตัวเก็บประจุในวงจรอาทิ เช่น C11, C12, C13, C19, C20, C21, C26, C27, C28, C9 และ C22 จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้วงจรขยายสัญญาณ RF แต่ละภาคเกิดออสซิลเลเตอร์ขึ้นในตัวเอง (Self Oscillations) ในความถี่ที่ไม่ต้องการซึ่งจะช่วยให้วงจรทั้งหมดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

สายอากาศของเครื่องส่ง

สายอากาศที่เลือกใช้เป็นสายอากาศชนิดเจ-แมทช์ (J-MATCH) เป็นสายอากาศแบบรอบตัวที่นิยมกัน สายอากาศแบบเจ-แมทช์สามารถสร้างได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการรับส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ สายอากาศแบบเจ-แมทช์เป็นสายอากาศแบบ $\lambda/2$ ซึ่งมีข้อดีกว่าสายอากาศประเภท $\lambda/4$ หรือ $5/6\lambda$ ที่มีโลหะตัวนำยาว $\lambda/2$ หรือ $5/6\lambda$ เป็นส่วนกระจายคลื่นออกไปและต้องมีส่วนที่เป็นกราวด์เพลนเพื่อให้มีแกนขยายมากขึ้น การสร้างกราวด์เพลนให้แก่สายอากาศเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่สะดวกในการติดตั้งบนเสาสูง (Tower) และไม่สะดวกในการปรับให้สายอากาศแมทช์กับความถี่ที่ต้องการด้วย

โครงสร้างของสายอากาศแบบเจ-เม็ทซ์

สายอากาศแบบเจ-เม็ทซ์ไม่จำเป็นต้องมีระบบกราวด์เฟลนในการทำให้มีเกณฑ์การขยายสูงขึ้น เพราะสายอากาศแบบเจ-เม็ทซ์เป็นสายอากาศ $\lambda/2$ ที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง และสามารถปรับอิมพีแดนซ์ให้สามารถแม็ทซ์กับความถี่ได้ตามที่ต้องการ โดยอาศัยคุณสมบัติของโลหะตัวนำที่ตัดเป็นตัว U



รูปที่ 3.18 โครงสร้างสายอากาศแบบเจ-เม็ทซ์

ตัว U ที่ใช้เป็นตัวปรับอิมพีแดนซ์จะมีความยาว $\lambda/2$ แต่พับกลับขึ้นด้วยความยาว $\lambda/4$ เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่จุดต่ำสุดของตัว U อิมพีแดนซ์ของสายจะเป็น 0 โอห์ม แต่เมื่อเลื่อนจุดป้อนสัญญาณสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จากด้านล่างอิมพีแดนซ์ของสายอากาศจะเพิ่มขึ้น เราจึงสามารถเลื่อนหาจุดที่มีอิมพีแดนซ์เหมาะสมได้ง่าย

การสร้าง ก่อนอื่นต้องคำนวณหาความยาวของสายอากาศสำหรับความถี่ที่ต้องการ

$$\lambda = (300 \times V_c) / \text{ความถี่ (MHz)}$$

ค่า V_c ของท่ออลูมิเนียมขนาดต่างๆ

- \varnothing 3/8 นิ้ว ค่า $V_c = 0.94$

- \varnothing 1/2 นิ้ว ค่า $V_c = 0.91$

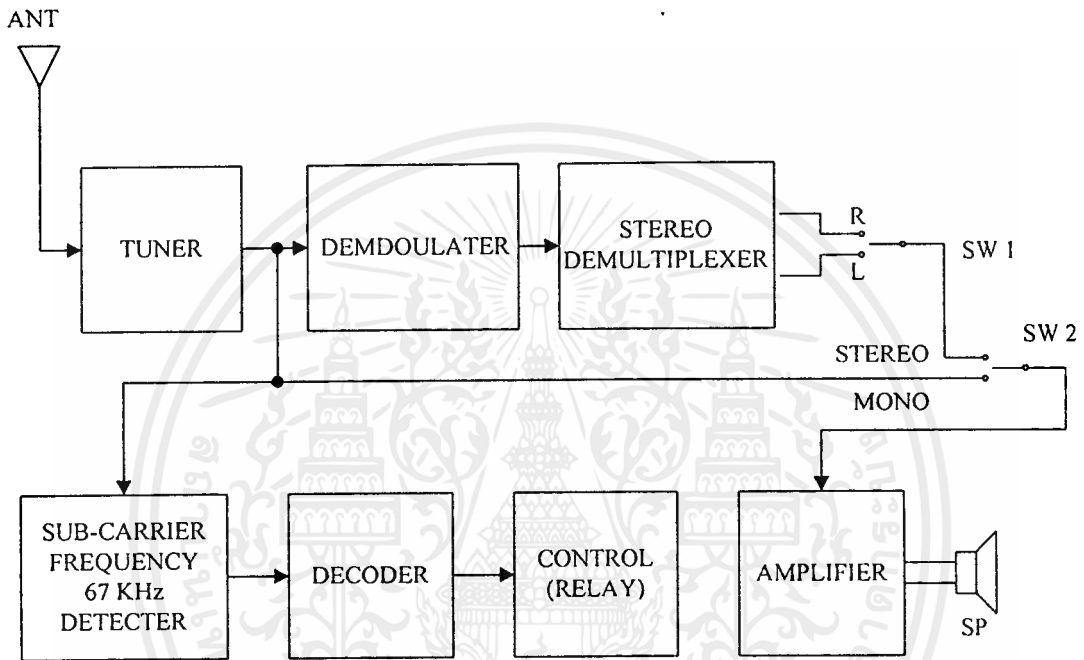
- \varnothing 5/8 นิ้ว ค่า $V_c = 0.903$

- \varnothing 3/4 นิ้ว ค่า $V_c = 0.89$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรทางด้านเครื่องรับ

ทางด้านเครื่องรับเมื่อสัญญาณที่รับมาได้จะผ่านเข้ามาทางวิทยุเอฟเอ็มแบบธรรมดา โดยปรับความถี่ของวงจรให้ตรงกับทางเครื่องส่ง



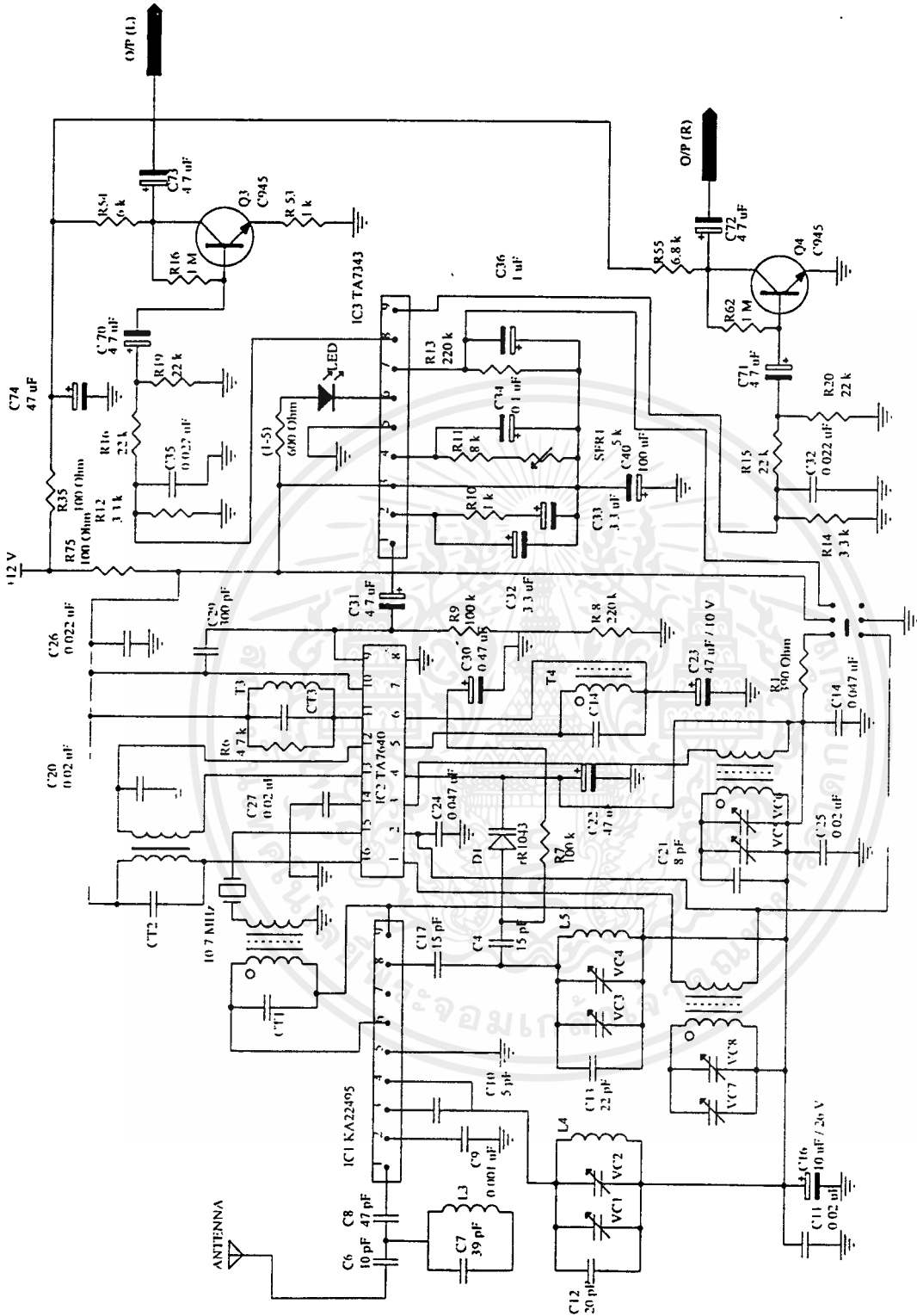
รูปที่ 3.19 ผังการทำงานของเครื่องรับ

ซึ่งสัญญาณที่รับได้จะออกมาเป็นสัญญาณเสียงแบบโมโน โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เหล่านี้ไปเข้าวงจรภาคต่างๆ เพื่อถอดรหัสสัญญาณเป็นสเตอริโอและถอดรหัสสัญญาณควบคุมให้ออกมา ผังการทำงานทางภาครับแสดงดังรูปที่ 3.19

จากรูป วงจรทางด้านเครื่องรับสามารถแบ่งได้เป็นภาคต่างๆ ดังนี้

1. วงจรภาครับสัญญาณ
2. วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ
3. วงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมพื้นที่
4. วงจรควบคุมสัญญาณเสียงทางเอาต์พุต และวงจรขยายเสียงทางเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 วงจรของภาครับสัญญาณ

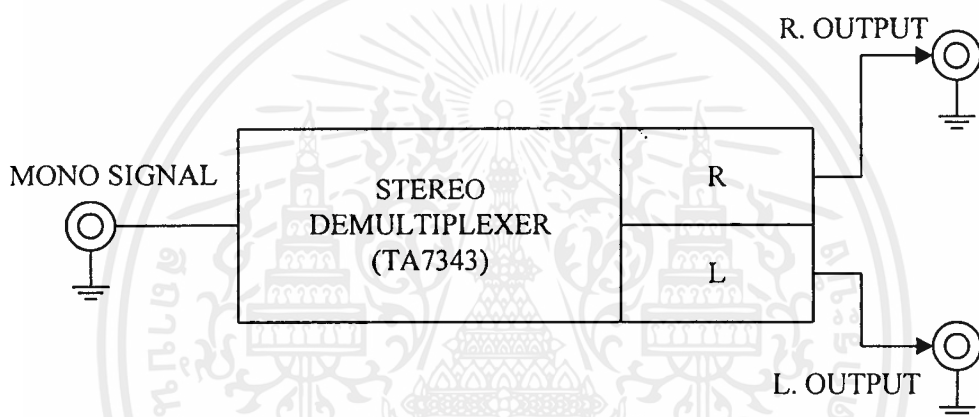
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วงจรภาครับสัญญาณ

วงจรนี้เหมือนกับภาครับของวิทยุเอฟเอ็มทั่วๆ ไป โดยปรับความถี่ไว้ให้ตรงกับความถี่ที่ทำการส่งจากเครื่องส่ง วงจรดังแสดงในรูปที่ 3.20

2) วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ

วงจรนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเสียงโมโนให้กลับเป็นสัญญาณเสียงสเตอริโอแบบเดิมตามที่เครื่องส่ง ส่งมา ซึ่งมีผังการทำงานดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ผังการทำงานการทำงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ

รายละเอียดและการทำงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ

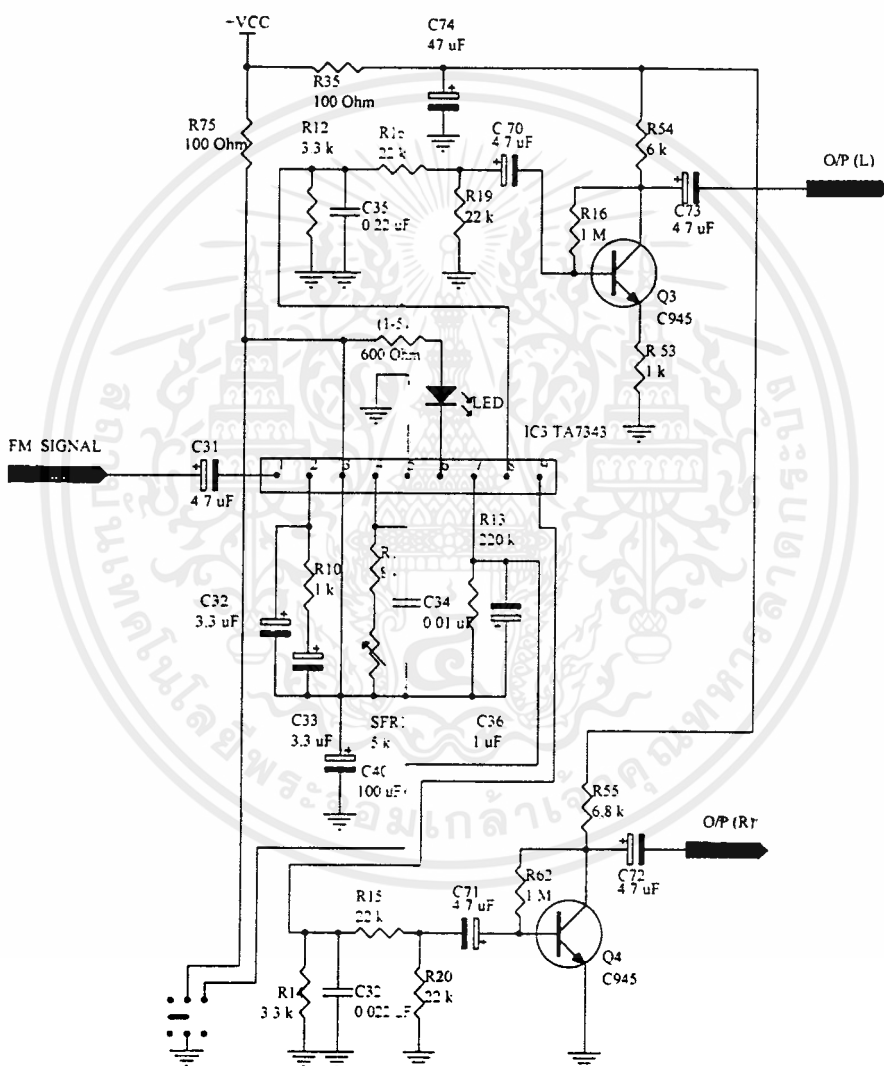
ในวงจรใช้งานจริงจะใช้วงจร PLL เป็นวงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอออกมา โดยใช้ไอซีเบอร์ TA7343 ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ซึ่งมีการทำงานดังนี้

เมื่อสัญญาณเอฟเอ็ม (FM) ผ่านตัวเก็บประจุ C31 เข้าสู่ไอซีเบอร์ TA7343 ทางด้านขา 1 สัญญาณเอฟเอ็มจะถูกผ่านวงจรรองความถี่โดยขา 2 และขา 7 โดยวงจรรองความถี่จะกรองเฉพาะความถี่ 38 KHz เพื่อให้ได้สัญญาณ L-R ที่ขา 2 และสัญญาณ L+R ที่ขา 7

ต่อจากนั้น สัญญาณที่ได้ทั้งสองสัญญาณจะผ่านวงจรรวมผลสัญญาณทางพีชคณิต (วงจร PLL) เพื่อให้ได้สัญญาณซีกซ้าย (L) และซีกขวา (R) โดยตัวต้านทาน VR1 เป็นตัวปรับระดับสัญญาณกึ่งกลางในการรวมสัญญาณ VCO ที่ขา 4 ของไอซีเบอร์ TA 7343

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงซิกขวจะมีเอาต์พุตที่ขา 9 และสัญญาณเสียงซิกซ้ายจะมีเอาต์พุตที่ขา 8 จากนั้นสัญญาณที่ได้ทั้งสัญญาณซิกซ้ายและสัญญาณซิกขวาจะไปผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายสัญญาณให้มีระดับสัญญาณที่สูงขึ้น โดยสัญญาณซิกซ้ายจะถูก Q3 เป็นตัวขยายสัญญาณ และสัญญาณซิกขวาจะถูก Q4 เป็นตัวขยายสัญญาณซึ่งมีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ R14, C37, R15, R20 และ C71 เป็นตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออกจากสัญญาณเสียง

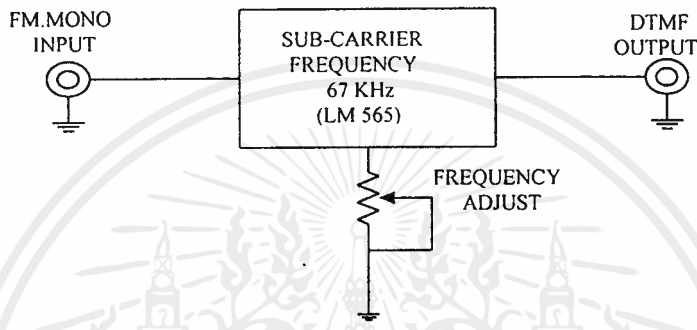


รูปที่ 3.22 วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียงสเตอริโอ

3) วงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมพื้นที่

วงจรในภาคนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ตามผังการทำงานรูปที่ 3.23 ดังนี้

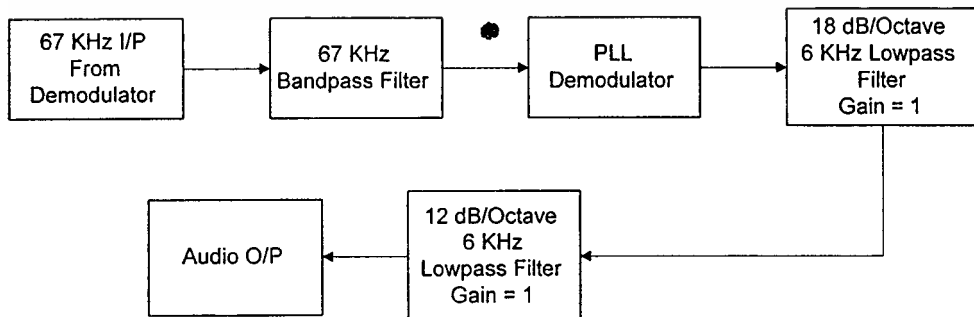
- วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คลื่นพาห้อย่อย
- วงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.23 ผังการทำงานการถอดรหัสสัญญาณควบคุมพื้นที่

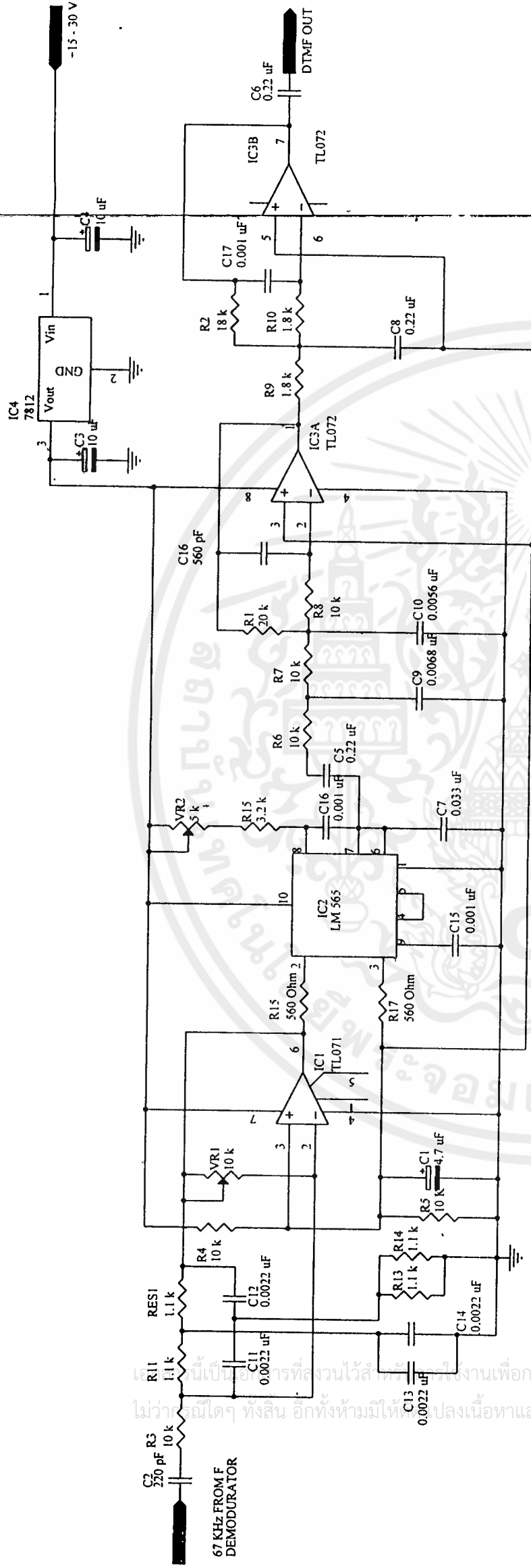
วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คลื่นพาห้อย่อย

วงจรถอดรหัสสัญญาณเอสซีเอ (SCA อะแคปเตอร์) สามารถแบ่งเป็นผังการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ผังการทำงานของ FM SCA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 วงจรเอสซีไออะแดปเตอร์

ในรูปที่ 3.25 แสดงวงจรเอสซีไออะแดปเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยไอซีต่างๆ เป็น วงจรกรองความถี่ 67 KHz ผ่าน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์รอบๆ ข้าง และทางอินพุตเป็น วงจรทวินเน็ตเวิร์ค (Twin T Network) ซึ่งประกอบด้วย R11, R12, R13, R14 และ C11, C12 C13, C14 ซึ่งจะต้องเป็นวงจรถ่วงเน็ตเวิร์คย้อนกลับให้กับ IC1 และจะทำให้เกิดการเพิ่มเกน การขยายที่ 67 KHz และจะลดทอนอย่างมากสำหรับความถี่ที่สูงกว่าหรือต่ำกว่า 67 KHz และ ยังได้เพิ่มวงจรกรองความถี่ (Passive Filter) เข้าไปที่อินพุตของวงจรทวินเน็ตเวิร์คอีกด้วย ได้แก่ C3 และ R3 เพื่อที่จะลดทอนความถี่ที่ต่ำกว่า 67 KHz อีกด้วย

วงจรกรองความถี่จะครอบคลุมย่านความถี่จนถึง 10 KHz นับจากต่ำกว่าหรือสูงกว่า ความถี่กลางที่ 67 KHz หรือเรียกง่ายๆ ว่ามีแบนด์วิดท์กว้างด้านละ 10 KHz นับจาก 67 KHz ออกไป VR1 ใช้ปรับเกนของส่วนกรองความถี่ไว้เพิ่มเกนการขยายของ IC1

IC2 เป็นไอซีเฟสล็อกคูลิป ทำหน้าที่ถอด (Demodulator) เอาสัญญาณความถี่ 67 KHz ออกจากสัญญาณเอฟเอ็มจาก IC1 โดย IC2 เบอร์ LM 565 PLL ประกอบด้วยวงจรถวลคุมความถี่ด้วยโวลต์เตจ (VCO) ซึ่งจะตั้งไว้ที่ 67 KHz จะเข้ามาเปรียบเทียบกับสัญญาณเอฟเอ็ม 67 KHz ที่ขา 2 ของ IC2 แล้วสัญญาณ VCO ก็จะถูกส่งไปที่ขา 5 ของ IC2

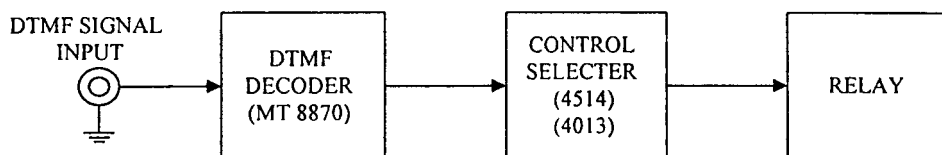
เอาต์พุตของวงจรถวลเปรียบเทียบ จะถูกแทนที่ด้วยความแตกต่างของเฟส (Phase-Difference) ระหว่างสัญญาณภายในและสัญญาณ VCO และเพื่อรวมสัญญาณเสียงจากคลื่นพาห์ที่รบกวนมาของสัญญาณที่ De-emphasis ที่ 150 μ S จะถูกแบ่งผ่านจาก C7 ที่ขา 7 ของ IC2 และความถี่ VCO Free Running จะถูกกำหนดค่าของ C15 ที่ขา 9 และค่าตัวต้านทานระหว่างไฟบวกกับขา 8 (R15 อนุกรมกับ VR2) ซึ่ง VR2 นี้จะเป็นตัวปรับแรงดันไปควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ (ปรับความถี่กลาง) ดังนั้นเมื่อสัญญาณภายนอกที่เข้ามายัง IC2 ตรงกับความถี่ที่ตั้งไว้ก็จะตรงกับย่านความถี่ที่ล็อกไว้ของระบบ PLL

แต่อย่างไรก็ตาม ต้องทำให้สัญญาณลดน้อยลงมากที่สุด ที่ขาดีมอดูเลเตอร์เอาต์พุต (ขา 7) เพื่อให้สัญญาณมีผลต่อย่านความถี่ที่ล็อกไว้ให้น้อยที่สุด โดยการต่อขา 6 เข้ากับขา 7 ใน IC 2

IC3 เป็นวงจรถวลความถี่ต่ำผ่าน 18 dB/ออกเตฟ ซึ่งเกนการขยายจะเป็นลบ หมายถึง การลดทอน ซึ่งจะลดทอนความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป และ IC3-b เป็นวงจรถวลความถี่ต่ำผ่านแบบ 12 dB/ออกเตฟ และจะมีการลดทอนสัญญาณที่ได้จากขา 7 ไปเข้าเพาเวอร์แอมป์ต่อไป

วงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงาน

วงจรถอดรหัสสัญญาณคีย์ที่เอ็มเอฟที่มอดูเลตมากับความถี่คลื่นพาห์ย่อย 67 KHz ทางเครื่องส่ง



รูปที่ 3.26 ฟังก์ชันการทำงานการคีย์มอดูเลตสัญญาณคีย์ที่เอ็มเอฟ

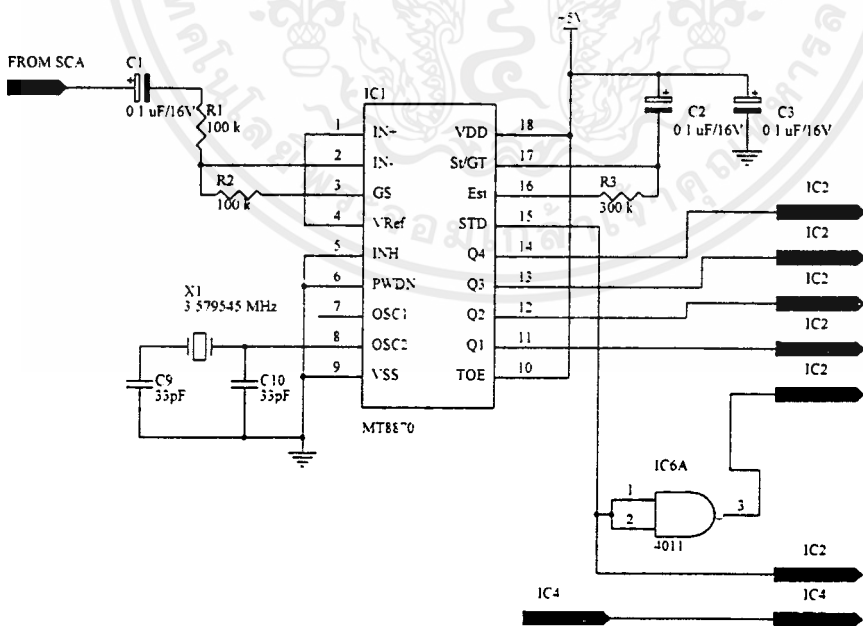
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะนำสัญญาณคิทีเอ็มเอฟที่คีมอดูเลตมานั้นแปลงเป็นเลขฐาน 10 (Decimal) เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของภาคขยายเสียงในเครื่องรับซึ่งแสดงเป็นภาคต่างๆ ได้ ดังผังการทำงานในรูปที่ 3.26

จากผังการทำงานสามารถนำไปออกแบบวงจรใช้งานได้ โดยใช้สัญญาณอินพุตของคิทีเอ็มเอฟที่มาจากวงจรถอดรหัสความถี่คลื่นพาห้อย่อย 67 KHz จะนำมาเข้าไอซีถอดรหัสเพื่อแปลงเป็นรหัสไบนารี ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ MT8870 โดยเมื่อมีสัญญาณอินพุตของคิทีเอ็มเอฟเข้ามาก็จะถูกถอดรหัสเพื่อแปลงเป็นสัญญาณไบนารีตามค่าประจำหมายเลข สัญญาณไบนารีได้จะถูกต่อไปผ่านวงจรกันชน เพื่อส่งไปแปลงเป็นค่าเลขฐาน 16 ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 4514 สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะเป็นเลขฐาน 16 แล้วนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 นี้ไปใช้ โดยกำหนดให้เลข 1-8 เป็นเลขในการสั่งเปิด-ปิดการทำงานของเครื่องรับของเครื่องรับแต่ละเครื่อง และ S เป็นคำสั่งเปิดเครื่องรับทุกเครื่อง และ C เป็นคำสั่งปิดเครื่องรับทุกเครื่อง

การทำงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. วงจรถอดรหัสสัญญาณคิทีเอ็มเอฟ
2. วงจรควบคุมการเปิด-ปิด



รูปที่ 3.27 วงจรถอดรหัสสัญญาณคิทีเอ็มเอฟ

1. วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ (DTMF)

จากรูปที่ 3.27 เมื่อสัญญาณคลื่นวิทยุได้ทำการถอดรหัสเอาสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ออกมาจากวงจรเอสซีเอคิโค้ดเดอร์ (SCA Decoder) แล้ว สัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่ได้ก็จะนำมาทำการถอดรหัส เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องรับ โดยสัญญาณดีทีเอ็มเอฟจะส่งผ่านตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ และส่งผ่านตัวต้านทาน R1 และ R2 ไปยัง IC1 เบอร์ MT8870 ที่ขา 2 และขา 3 เพื่อทำการแยกสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ซึ่งภายใน IC1 เบอร์ MT8870 และมีอินคัลเตอร์ X1 และตัวเก็บประจุ C9 และ C10 ต่ออยู่ที่ขา 8 เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดสัญญาณความถี่อ้างอิง เพื่อใช้ในการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟส่วนตัวต้านทาน R3 และตัวเก็บประจุ C2 ที่ต่ออยู่ที่ขา 16 (EST) และขา 17 (ST/GT) เป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบระยะเวลาของสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาเท่าไร ในการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่เข้ามาจะต้องมากกว่าค่าเวลาที่ตั้งเอาไว้ ต่อจากนั้น สัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่ถูกแยกความถี่ออกเป็น 2 กลุ่มความถี่จะถูกถอดรหัสเป็นเลขฐาน 2 ที่ขา 11 (Q1), ขา 12 (Q2), ขา 13 (Q3) และ ขา 14 (Q4) ซึ่งค่าได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ในขณะที่มีหรือไม่มีสัญญาณดีทีเอ็มเอฟเข้ามานั้น ขา 16 ของ IC1 เบอร์ MT8870 จะเป็นตัวแสดงผลโดยถ้าหากมีสัญญาณเข้ามาจะมีระดับเป็น "1"

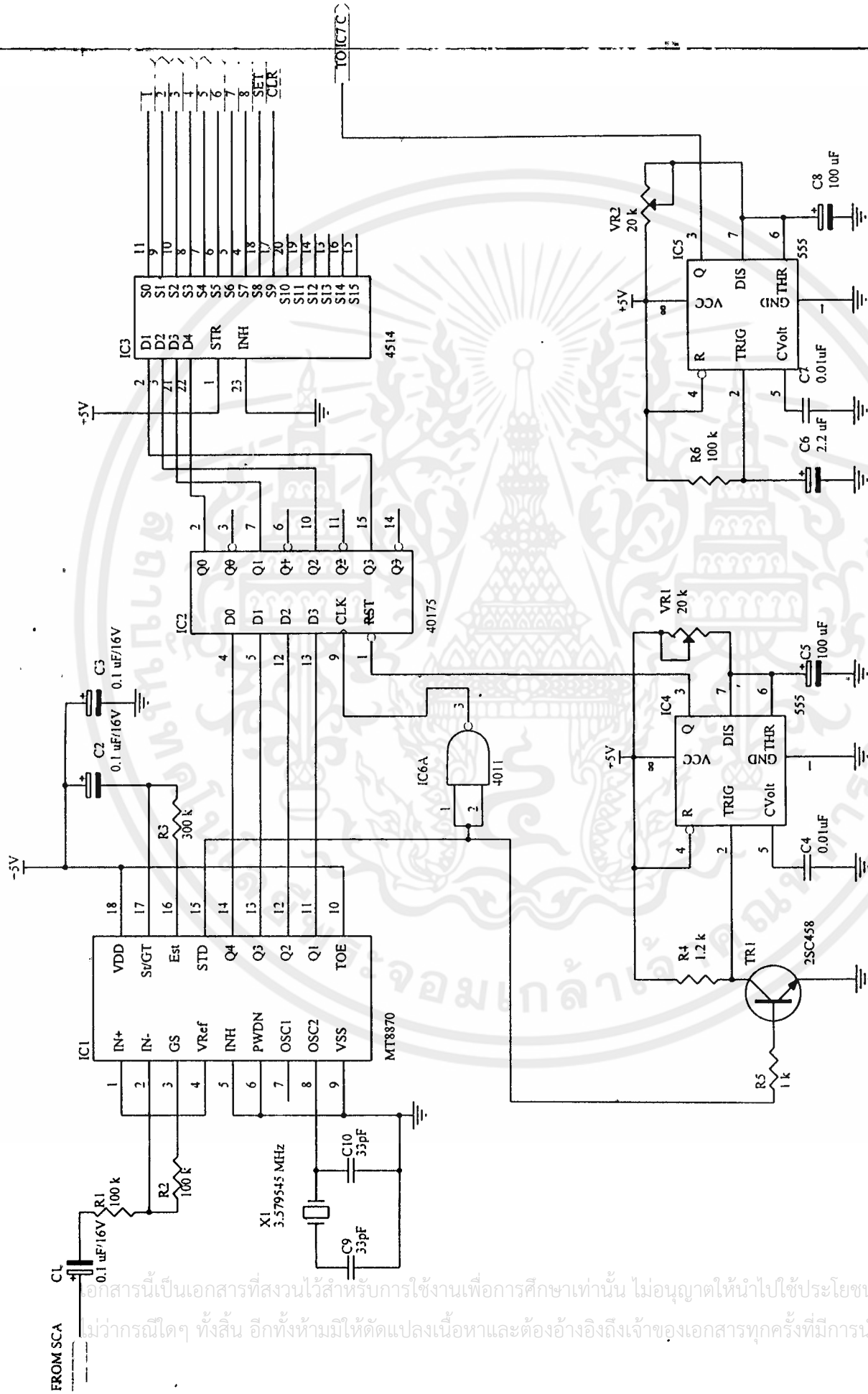
จากรูปที่ 3.28 เมื่อสัญญาณดีทีเอ็มเอฟได้ถูกทำการถอดรหัสเป็นเลขฐาน 2 แล้วก็จะส่งเข้าสู่ IC2 เบอร์ 40175 ที่ขา 4 (Q1), ขา 5 (Q2), ขา 12 (Q3) และ ขา 13 (Q4) ซึ่ง IC2 นี้จะทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลไปยัง IC3 เพื่อทำการถอดรหัสเป็นเลขฐาน 16 ซึ่งในระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูลไปยัง IC3 จะถูกกำหนดโดยวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ซึ่งใช้ IC4 เบอร์ 555 ดังแสดงในรูปที่ 3.29 โดยสัญญาณจากขา 15 (STD) ของ IC2 เบอร์ MT8870 มาใช้เป็นสัญญาณกระตุ้น โดยเข้าที่ขาเบสของ TR1 เมื่อมีสัญญาณในระดับที่เป็น "1" เข้ามาที่ขาเบส ทำให้ TR1 นำกระแสเกิดแรงดันตกคร่อมขาคอลเลคเตอร์และขาอีมีตเตอร์ของ TR1 ที่ต่ออยู่กับขา 2 ของ IC4 เบอร์ 555 เป็น "0" ทำให่วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำการผลิตสัญญาณพัลส์ออกมาทางขา 3 มีระดับเป็นช่วงเวลาหนึ่งป้อนเข้าสู่ขา 1 ของ IC2 (RST) โดยช่วงเวลาของพัลส์ที่ป้อนจะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ C5 และตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 ของวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และเพื่อที่จะทำให้เกิดการส่งผ่านข้อมูลได้จะ

ต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่ช้ากว่าสัญญาณที่เกิดขึ้นที่ขา 3 ของ IC4 เบอร์ 555 เล็กน้อยเพื่อป้องกันให้กับขา 9 ของ IC2 ดังนั้นจึงใช้สัญญาณที่ออกจากขา 15 (STD) ของ IC1 เบอร์ MT8870 ส่งผ่านไปยัง IC6a ซึ่งต่อเป็นเกตชนิดอินเวอร์เตอร์ ทำให้สามารถหน่วงเวลาให้ช้าลงแล้วต่อไปเข้าขา 9 ของ IC2 เบอร์ 40175 จากนั้นสัญญาณรหัสเลขฐาน 2 ที่ออกจากขา 2 (Q0) ขา 7 (Q1), ขา 11 (Q2) และ ขา 14 (Q3) จะต่อไปยังขา 2 (D1), ขา 3 (D2), ขา 21 (D3) และ ขา 22 (D4) ของ IC3 เบอร์ 4514 ซึ่งจะทำการถอดรหัสสัญญาณออกมาเป็น “1” ตามหมายเลขที่ได้ทำการกอดอยู่ในช่วงเวลานั้น ซึ่งสัญญาณเลขฐาน 16 ที่ออกจาก IC3 เบอร์ 4514 นั้นแต่ละหมายเลขจะส่งไปควบคุมวงจรภาคควบคุมการเปิด-ปิด

Flow	Fhigh	No	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
325	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
941	1336	S	H	1	0	1	0
852	1477	*	H	1	0	0	0
941	1477	#	H	1	1	0	0
941	1209	C	H	1	0	1	1

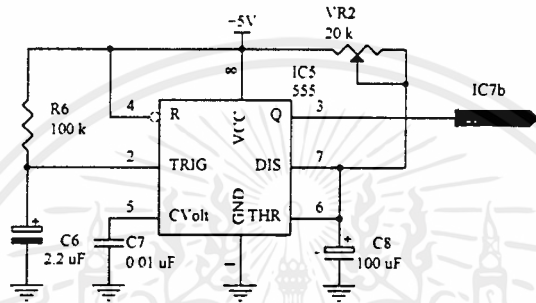
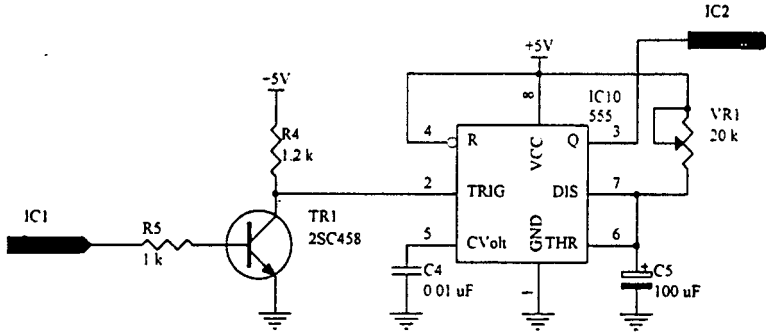
ตารางที่ 3.2 ค่าที่ถอดรหัสจากความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 วงจรถอดรหัสสัญญาณ

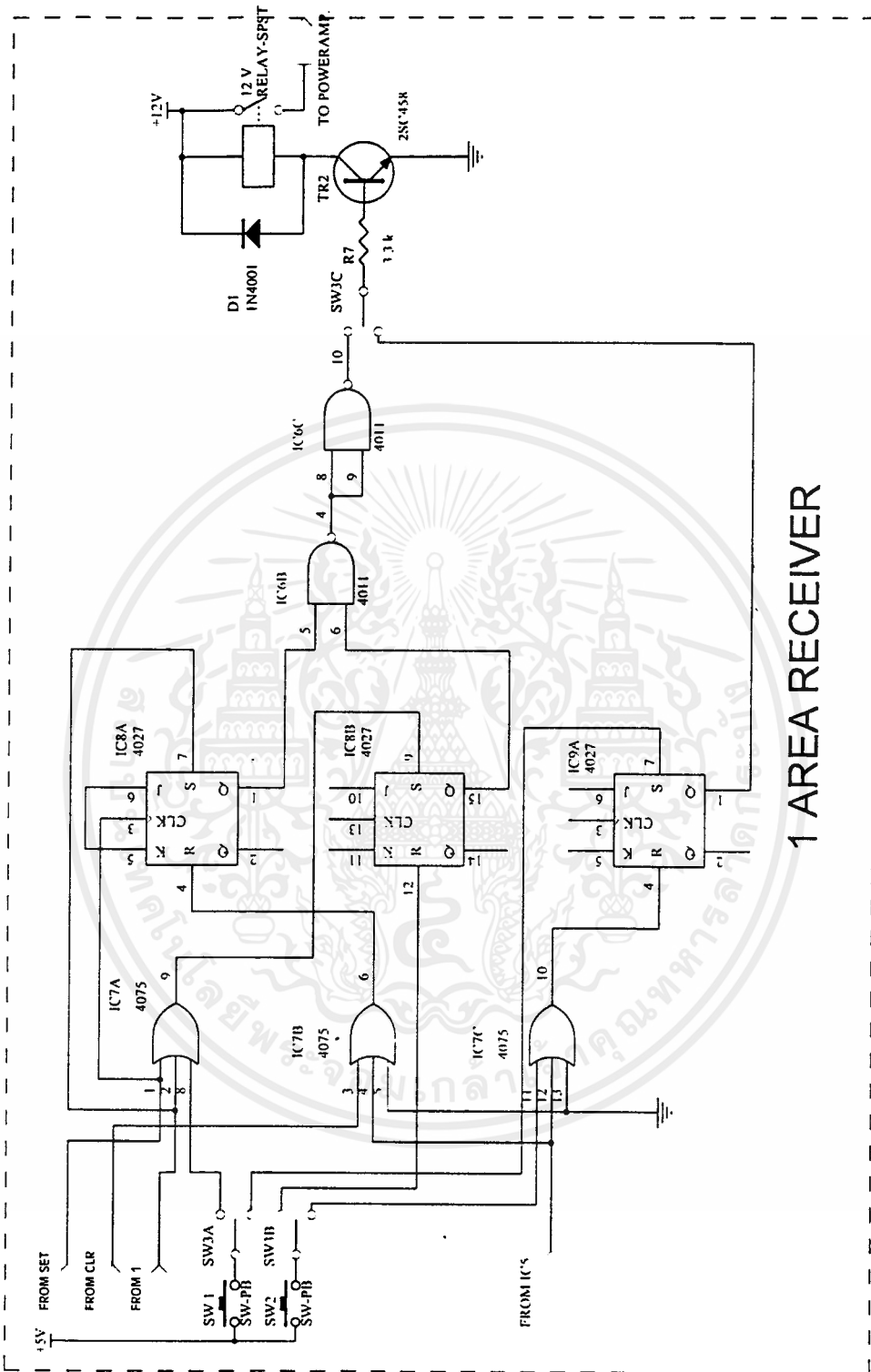
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

2. วงจรควบคุมการเปิด-ปิด

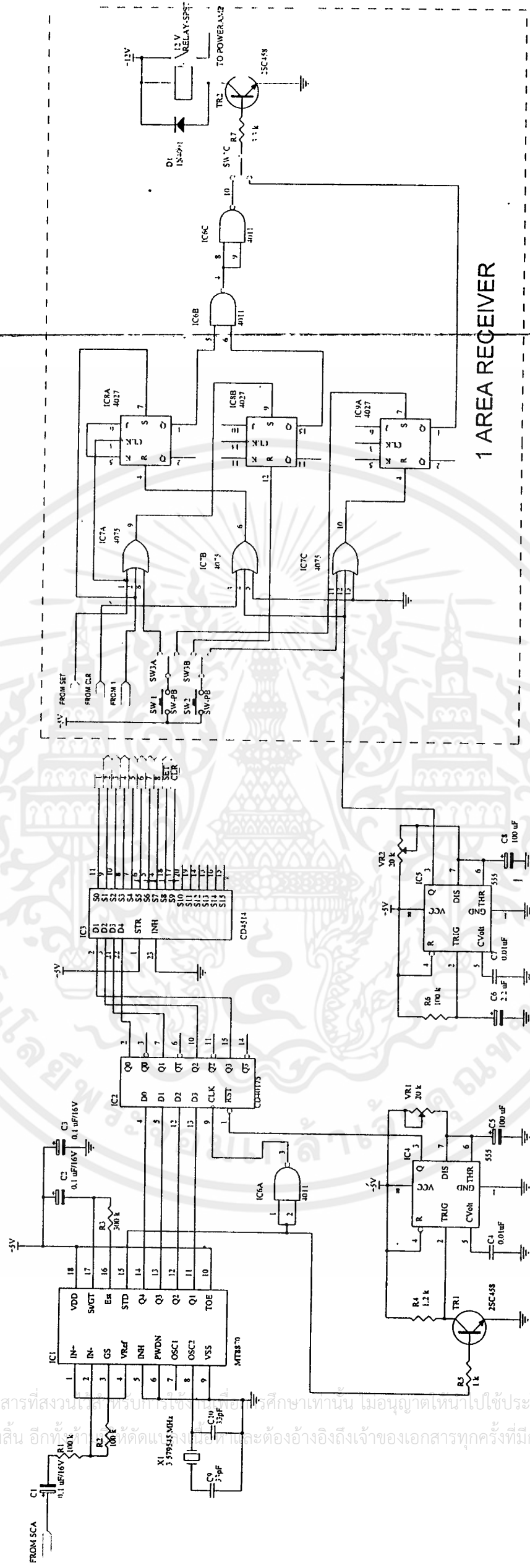
วงจรควบคุมการเปิดปิดของเครื่องรับ ดังในรูปที่ 3.30 สัญญาณที่ได้มาจากวงจรถอดรหัสซึ่งประกอบด้วยสัญญาณควบคุมแต่ละช่อง จะถูกต่อเข้ากับขา 2 และสัญญาณเซ็ท (SET) จะต่อเข้ากับขา 1 และสัญญาณเคลียร์ (Clear) จะต่อเข้ากับขา 3 ของ IC7a และ IC7b ซึ่งเป็นออร์เกต (OR Gate) ตามลำดับ ส่วนสวิทช์ 1 และสวิทช์ 2 จะเป็นสวิทช์ที่ทำหน้าที่เปิด-ปิด เครื่องรับ ซึ่งสวิทช์แต่ละตัวจะต่ออยู่กับขา 12 ของ IC8 โดยเมื่อมีสัญญาณเซ็ท (Set) หรือสัญญาณควบคุมแต่ละช่องเข้ามาก็จะทำให้สัญญาณที่ออกจาก IC7a เป็น "1" ก็จะควบคุมให้ IC8a และ IC8b นั้นมีสัญญาณเอาต์พุตเป็น "1" สัญญาณที่ได้จะถูกส่งผ่านไปยัง IC6b และ IC6c ซึ่งถูกต่อกันเป็นแนนด์เกต (Nand Gate) ไปควบคุมการเปิด-ปิดของรีเลย์ (Relay) ต่อไป และในขณะที่เครื่องรับกำลังเปิดอยู่ ถ้าต้องการที่จะปิดเครื่องรับสามารถทำได้โดยการกดสวิทช์ SW2 เพื่อจ่ายสัญญาณรีเซ็ทให้แก่ IC8b ทำให้เอาต์พุตของ IC8b เป็น "0" จะได้อเอาต์พุตของ IC6b และ IC6c เป็น "0" ทำให้รีเลย์ไม่ทำงานเพื่อปิดเครื่องรับ



รูปที่ 3.30 วงจรควบคุมการเปิดปิดเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเปิดเครื่องรับก็ทำการกดสวิทช์ SW1 จะทำให้เอาต์พุตที่ขา 9 ของ IC7a เป็น "1" ทำให้มีสัญญาณไปเข้า IC8b เอาต์พุตที่ได้จาก IC8b เป็น "1" แล้วถูกส่งไปยัง IC6b และ IC6c ซึ่งต่อไปเป็นแชนด์เกท ทำให้เอาต์พุตที่ได้มีสัญญาณเป็น "1" ทำให้รีเลย์ทำงาน เพื่อเปิดเครื่องรับให้ทำงาน



รูปที่ 3.31 วงจรการถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงาน

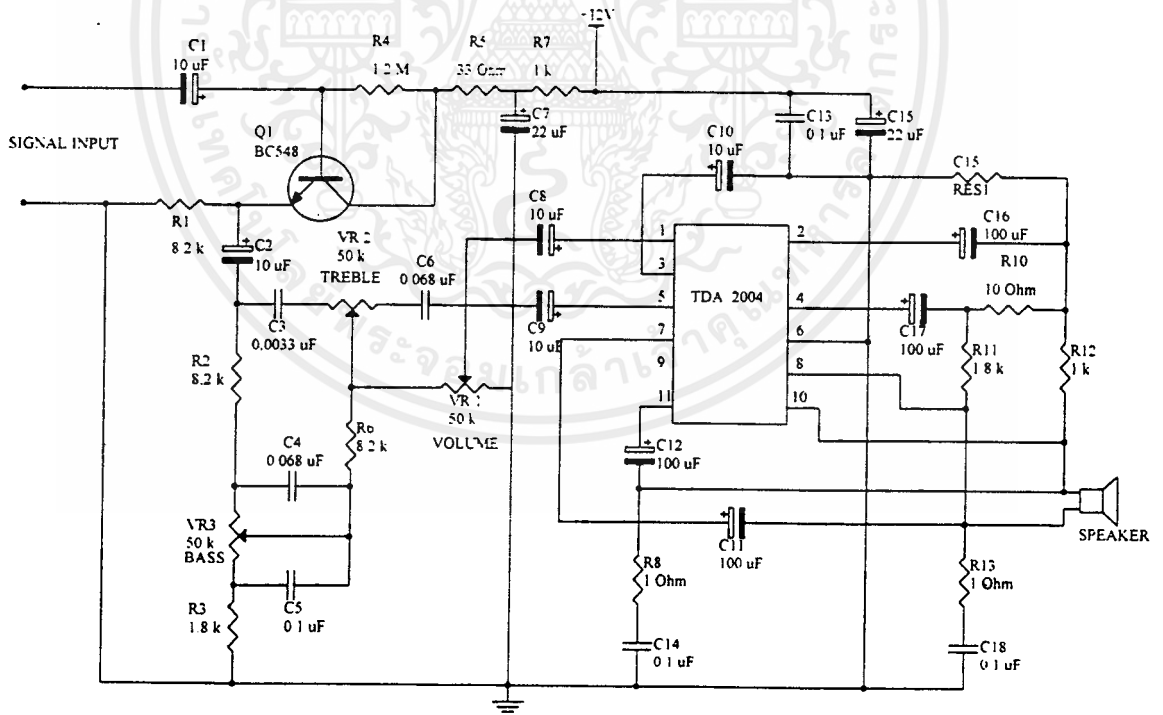
เมื่อไม่ต้องการที่จะรับสัญญาณควบคุมจากเครื่องส่ง เป็นการใช้งานให้เครื่องรับเป็น เครื่องขยายเสียงทำได้โดยกดสวิทช์ SW3 จะทำให้สามารถควบคุมการเปิดปิดของเครื่องรับ ได้โดยอิสระไม่ถูกควบคุมจากเครื่องส่ง เมื่อต้องการเปิดเครื่องรับให้กดสวิทช์ SW1 จะทำให้ มีพัลส์ไปยังขาเซ็ทของ IC8a ที่ขา 7 ทำให้เอาต์พุตที่ออกจากขา 1 เป็น "1" ไปควบคุมให้

รีเลย์ทำงาน และเมื่อต้องการปิดเครื่องรับทำได้โดยกดสวิตช์ SW2 จะทำให้ IC7c มีเอาต์พุต เป็น "1" ไปทำการรีเซ็ตให้ IC8a ที่ขา 7 ทำให้เอาต์พุตที่ขา 1 เป็น "0" เป็นผลให้รีเลย์ไม่ทำงาน

ในรูปที่ 3.31 เป็นวงจรถอดรหัสสัญญาณควบคุมการทำงาน ซึ่งรวมเอาวงจรส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน ส่วน IC5 เบอร์ 555 ซึ่งต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ มีลักษณะการทำงานเหมือนกับวงจรแสดงผลการทำงานของเครื่องส่ง คือ จะทำการเคลียร์ข้อมูลที่อยู่ใน ฟลิปฟลอปทางด้านรับ ในขณะที่เปิดเครื่องโดยเอาต์พุตขา 3 จะต่อผ่านออร์เกต (OR Gate) คือ IC7b และ IC7c เพื่อทำการเคลียร์ฟลิปฟลอปของ IC8a และ IC8b

4) วงจรควบคุมเสียงทางด้านเอาต์พุตและวงจรขยายเสียงทางเอาต์พุต

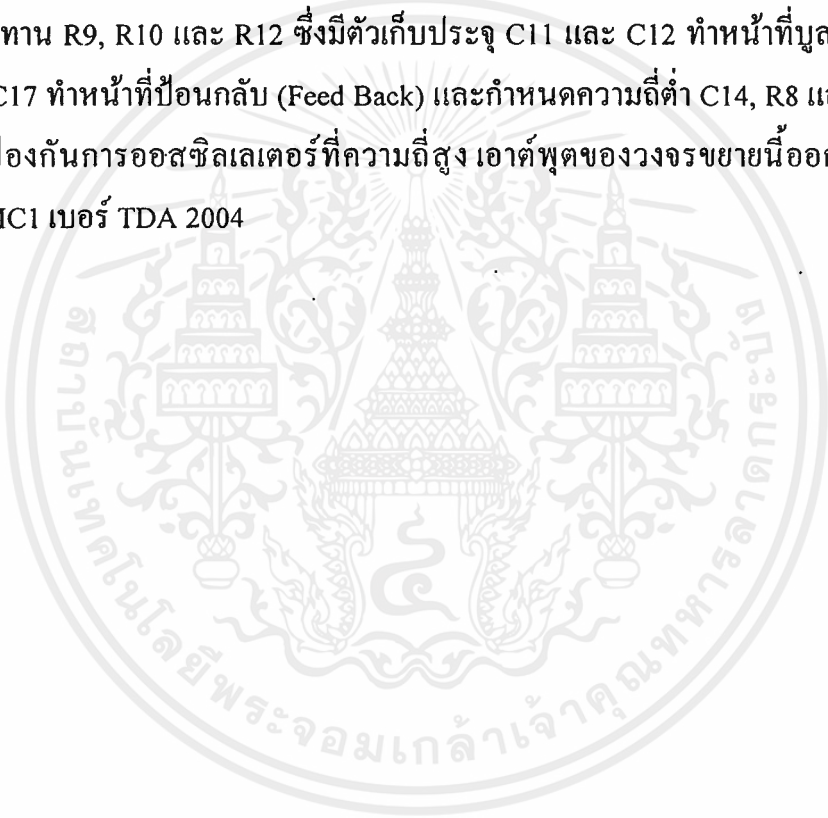
เป็นวงจรที่ใช้ในการปรับแต่งสัญญาณเสียงให้มีคุณภาพเสียงที่ดีขึ้น เพื่อที่จะให้เสียง ที่ออกมาสมบูรณ์และไพเราะที่สุด ซึ่งวงจรแสดงดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 วงจรควบคุมเสียงและวงจรขยายเสียงทางเอาต์พุต

การทำงานของวงจร

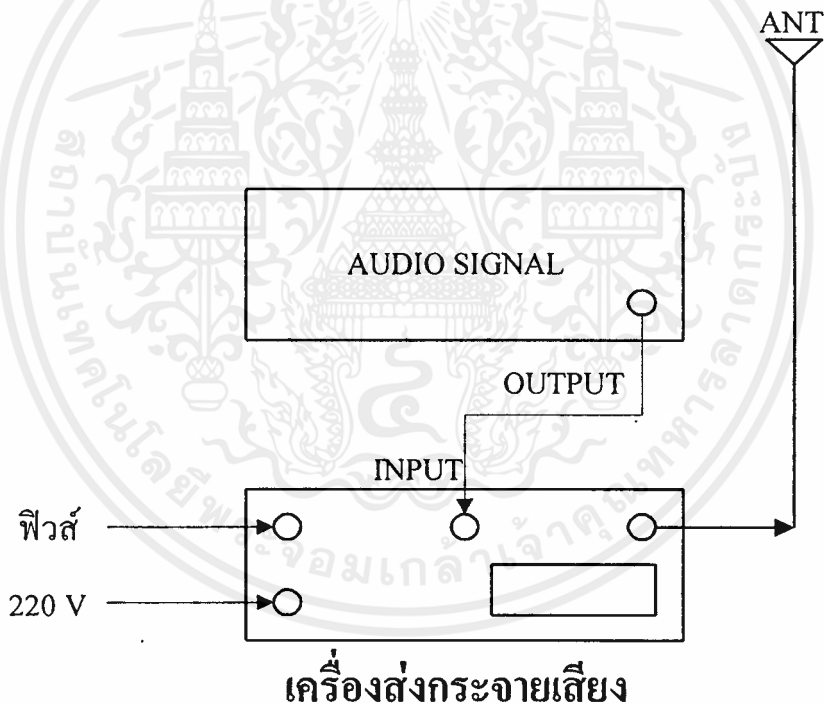
สัญญาณเข้ามาทาง C1 ผ่านมายัง Q1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกันชนระหว่างสัญญาณภาคอินพุตกับเอาต์พุต จากนั้นผ่าน IC1 เบอร์ TDA2004 ซึ่งทำหน้าที่ในการขยายและควบคุมสัญญาณเสียง ตัวเก็บประจุ C4, C5 และตัวต้านทานปรับค่าได้ VR3 จะเป็นตัวกำหนดระดับสัญญาณเสียงด้านความถี่ต่ำหรือเสียงทุ้ม สัญญาณที่ได้จะผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 เพื่อปรับขนาดของสัญญาณที่จะส่งไปขยายโดยคัปปลิ่งผ่านตัวเก็บประจุ C8 ไปยังอินพุตขา 1 ของ IC1 เบอร์ TDA 2004 เพื่อขยายสัญญาณต่อไป โดยอัตราขยายสัญญาณถูกกำหนดโดยตัวต้านทาน R9, R10 และ R12 ซึ่งมีตัวเก็บประจุ C11 และ C12 ทำหน้าที่บูสแตรรี่กับความถี่ต่ำ C17 ทำหน้าที่ป้อนกลับ (Feed Back) และกำหนดความถี่ต่ำ C14, R8 และ C18, R13 ทำหน้าที่ป้องกันการออสซิลเลเตอร์ที่ความถี่สูง เอาต์พุตของวงจรขยายนี้ออกที่ขา 8 และขา 10 ของ IC1 เบอร์ TDA 2004



บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการทำงาน ในวงจรส่วนต่างๆ ของปริยญาณีพนธ์นี้ว่า ผลของการทดลองที่ได้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบเอาไว้หรือไม่ โดยการใช้เครื่องมือวัดทำการตรวจสอบผลของรูปสัญญาณ การทำงานในแต่ละส่วนของวงจรที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นการทดลองและผลการทดลองในแต่ละส่วนได้เป็นดังนี้

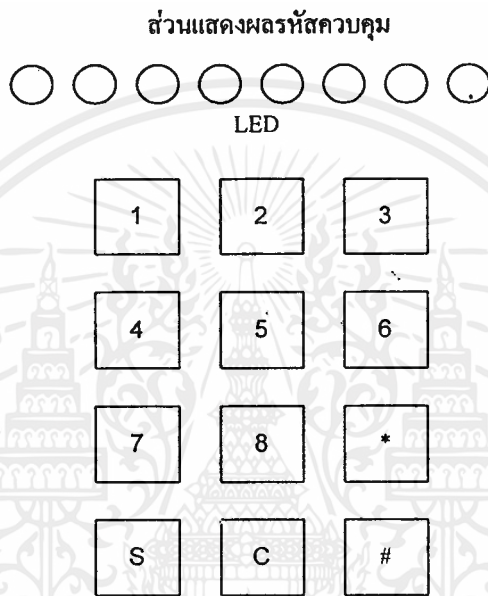


รูปที่ 4.1 การต่อใช้งานระหว่างเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงกับเครื่องส่ง

4.1 วงจรส่วนภาคควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องรับ

4.1.1. การควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องรับ

สามารถกระทำได้โดยการกดคีย์ควบคุมได้จากคีย์บอร์ดทางเครื่องส่ง เพื่อส่งไปควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของเครื่องรับได้ โดยทำการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.2 แป้นควบคุมพร้อมส่วนแสดงผล

รหัสควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องรับ มีดังนี้

ตัวเลข 1-8 เป็นรหัสควบคุมพื้นที่

เครื่องหมาย S เป็นรหัสควบคุมการเปิดทั้งหมด

เครื่องหมาย C เป็นรหัสควบคุมการปิดทั้งหมด

วิธีใช้

1. ต่ออุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปที่ 4.1

2. ทำการกดแป้นควบคุม เพื่อเป็นการป้อนรหัสควบคุมพื้นที่ โดยการกดตัวเลขรหัสควบคุมพื้นที่ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการเปิดพื้นที่ที่ต้องการ และหากต้องการปิดพื้นที่ใดสามารถทำได้โดยการกดตัวเลขควบคุมพื้นที่อีก 1 ครั้ง เพื่อเป็นการปิดพื้นที่ใช้งาน เช่น

- 1 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 1
- 2 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 2
- 3 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 3
- 4 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 4
- 5 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 5
- 6 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 6
- 7 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 7
- 8 หมายถึงเป็นการเปิดพื้นที่ที่ 8

ตัวอักษร S เป็นรหัสควบคุมการเปิดทุกพื้นที่ (เปิดเครื่องรับทุกตัว)

ตัวอักษร C เป็นรหัสควบคุมการปิดทุกพื้นที่ (ปิดเครื่องรับทุกตัว)

ผลการทดลอง มีดังนี้

การทดลองการเปิด

การกด	ผลการทดลอง
S	เครื่องรับทุกเครื่องทำงาน
“1”	เครื่องรับหมายเลข 1 ทำงาน
“2”	เครื่องรับหมายเลข 2 ทำงาน
“3”	เครื่องรับหมายเลข 3 ทำงาน
“4”	เครื่องรับหมายเลข 4 ทำงาน
“5”	เครื่องรับหมายเลข 5 ทำงาน
“6”	เครื่องรับหมายเลข 6 ทำงาน
“7”	เครื่องรับหมายเลข 7 ทำงาน
“8”	เครื่องรับหมายเลข 8 ทำงาน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองการปิด

การกด	ผลการทดลอง
C	เครื่องรับทุกเครื่องหยุดทำงาน
“1”	เครื่องรับหมายเลข 1 หยุดทำงาน
“2”	เครื่องรับหมายเลข 2 หยุดทำงาน
“3”	เครื่องรับหมายเลข 3 หยุดทำงาน
“4”	เครื่องรับหมายเลข 4 หยุดทำงาน
“5”	เครื่องรับหมายเลข 5 หยุดทำงาน
“6”	เครื่องรับหมายเลข 6 หยุดทำงาน
“7”	เครื่องรับหมายเลข 7 หยุดทำงาน
“8”	เครื่องรับหมายเลข 8 หยุดทำงาน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการปิด

4.1.2 ทดลองกดปุ่มตัวอย่าง

1. ทดลองกดปุ่มหมายเลขตัวอย่างส่ง โดยไม่ให้ตรงกับรหัสเปิด-ปิด ในขณะที่เครื่องรับทั้งหมดหยุดทำงาน

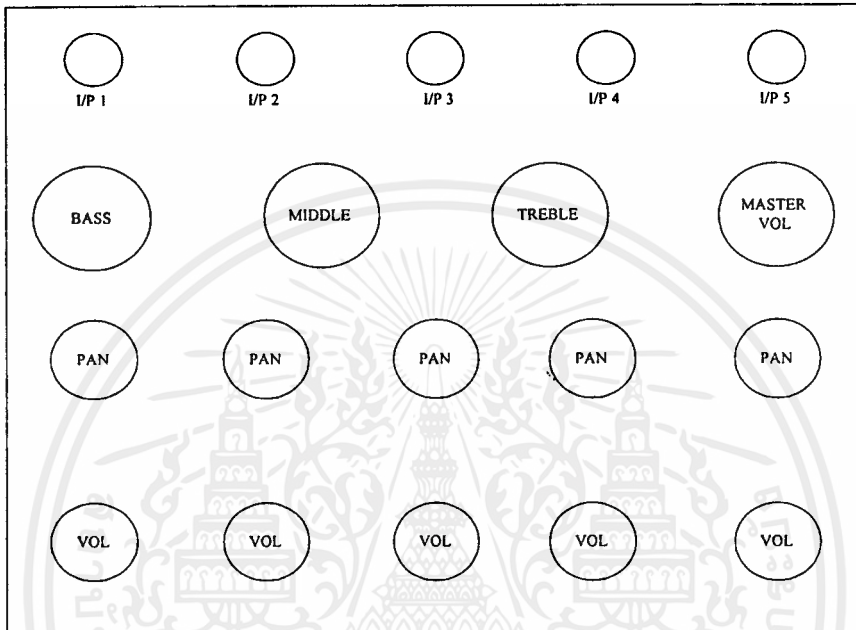
ผลการทดลอง เครื่องรับที่มีหมายเลขตรงกับรหัสที่ทำการกด เครื่องหมายเลขนั้นจะทำงาน

2. ทดลองกดปุ่มหมายเลขตัวอย่างส่ง โดยไม่ให้ตรงกับรหัสเปิด-ปิด ในขณะที่เครื่องรับทั้งหมดกำลังทำงานอยู่

ผลการทดลอง เครื่องรับที่มีหมายเลขตรงกับรหัสที่ทำการกด เครื่องหมายเลขนั้นจะหยุดทำงาน

4.2 วงจรส่วนภาคขยายเสียง

4.2.1 เครื่องส่ง ซึ่งมีส่วนประกอบในการใช้งานดังนี้



รูปที่ 4.3 เป็นกคควบคุมสัญญาณเสียงทางด้านอินพุต

1. ทดลองส่งสัญญาณเสียง โดยป้อนสัญญาณเสียงผ่านช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว แล้วทำการปรับปุ่มควบคุมเสียง (Tone Control) ดังนี้

- ปุ่มปรับความแรงของเสียง (VOLUME)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน แต่ถ้าปรับระดับความแรงมากเกินไปเสียงจะแตกพร่าเล็กน้อย

- ปุ่มปรับเสียงทุ้ม (BASS)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงแหลม (TREBLE)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปุ่มปรับเสียงซ้าย-ขวา (PAN)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจนทั้งซ้ายและขวา

2. ทดลองเครื่องรับในระบบสเตอริโอ โดยการปรับปุ่มปรับเสียงไปทาง ซ้าย

ผลการทดลอง เครื่องรับหมายเลข 1 ,3, 5 และ 7 ทำงาน คุณภาพเสียงชัดเจน ส่วนเครื่องรับหมายเลข 2,4,6 และ 8 มีไม่มีเสียงออกมา

3. ทดลองเครื่องรับในระบบสเตอริโอ โดยการปรับปุ่มปรับเสียงไปทาง ขวา

ผลการทดลอง เครื่องรับหมายเลข 2, 4, 6 และ 8 ทำงาน คุณภาพเสียงชัดเจน ส่วนเครื่องรับหมายเลข 1,3,5 และ 3 มีเสียงออกมาน้อยกว่าปกติ

4. ทดลองป้อนสัญญาณเสียง โดยป้อนผ่านช่องสัญญาณอินพุตเพียง 2 ช่องสัญญาณพร้อมๆ กัน

- ปุ่มปรับความแรงของเสียง (VOLUME)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน แต่ถ้าปรับระดับความแรงมากเกินไปเสียงจะแตกพร่าเล็กน้อย

- ปุ่มปรับเสียงทุ้ม (BASS)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงแหลม (TREBLE)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงซ้าย-ขวา (PAN)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจนทั้งซ้ายและขวา

5. ทดลองป้อนสัญญาณเสียง โดยป้อนผ่านช่องสัญญาณอินพุตหลายๆ ช่องสัญญาณ

พร้อมๆ กัน

- ปุ่มปรับความแรงของเสียง (VOLUME)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน แต่ถ้าปรับระดับความแรงมากเกินไปเสียงจะแตกพร่าเล็กน้อย

- ปุ่มปรับเสียงทุ้ม (BASS)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

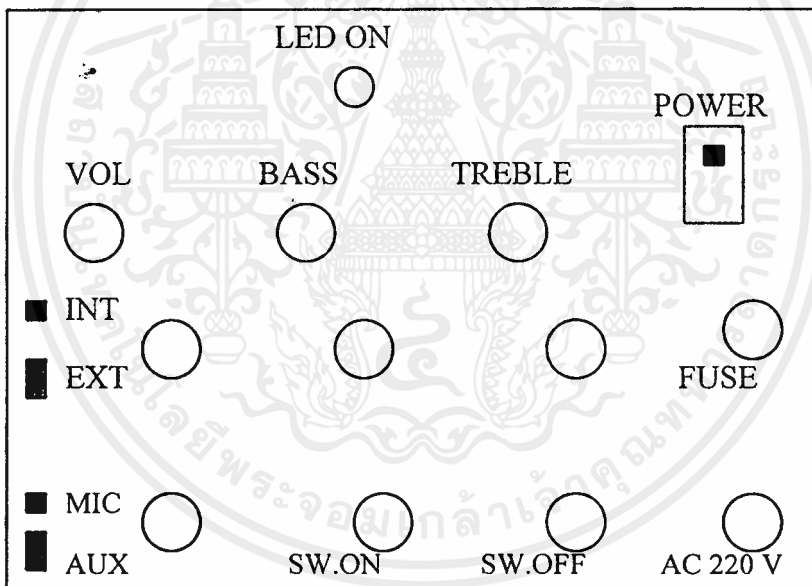
- ปุ่มปรับเสียงแหลม (TREBLE)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงซ้าย-ขวา (PAN)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจนทั้งซ้ายและขวา

4.2.2 เครื่องรับ ซึ่งมีแป้นการควบคุมดังนี้



รูปที่ 4.4 แป้นกดควบคุมสัญญาณเสียงทางด้านเครื่องรับ

1. ทดลองตัวเครื่องรับโดยต่อสัญญาณเสียงเข้าโดยตรงจากภายนอกดังนี้
 โดยทำการกดแป้น INT/EXT ให้เลือกการทำงานที่ EXT
 โดยทำการกดแป้น MIC/AUX ให้เลือกการทำงานที่ MIC

- ต่อเข้าทางช่อง MIC

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

โดยทำการกดเป็น MIC/AUX ให้เลือกการทำงานที่ AUX

- ต่อเข้าทางช่อง AUX

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับความแรงของเสียง (VOLUME)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน แต่ถ้าปรับระดับความแรงมากเกินไปเสียงจะแตกพร่าเล็กน้อย

- ปุ่มปรับเสียงทุ้ม (BASS)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงแหลม (TREBLE)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

2. ทดลองรับสัญญาณเสียงจากเครื่องส่ง

โดยทำการกดเป็น INT/EXT ให้เลือกการทำงานที่ INT

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

3. ทดลองทำการปรับแต่งเสียงที่เครื่องรับ

- ปุ่มปรับความแรงของเสียง (VOLUME)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน แต่ถ้าปรับระดับความแรงมากเกินไปเสียงจะแตกพร่าเล็กน้อย

- ปุ่มปรับเสียงทุ้ม (BASS)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

- ปุ่มปรับเสียงแหลม (TREBLE)

ผลการทดลอง คุณภาพเสียงชัดเจน

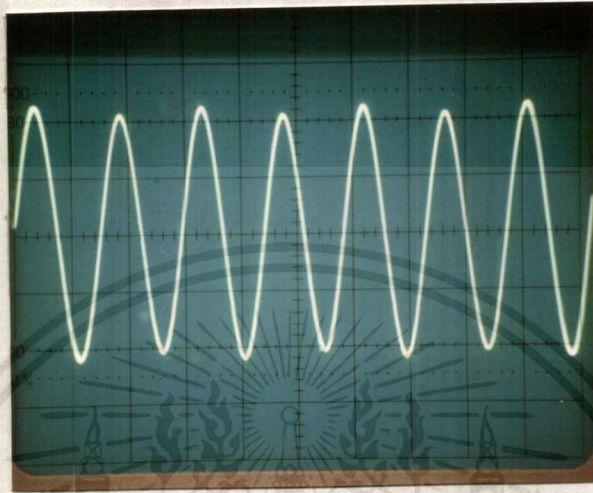
4.3 การวัดความแรงสัญญาณของเครื่องส่ง

ในการวัดความแรงของเครื่องส่งใช้เครื่องวัด RF FIELD STRENGTH METER ของ PROMAX รุ่น MC-843E/1 วัดความแรงในจุดต่างๆ บริเวณรอบคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยเครื่องส่งตั้งอยู่ ณ ห้อง ก.311 การวัดสัญญาณ ณ จุดต่างๆ ได้ผลดังนี้

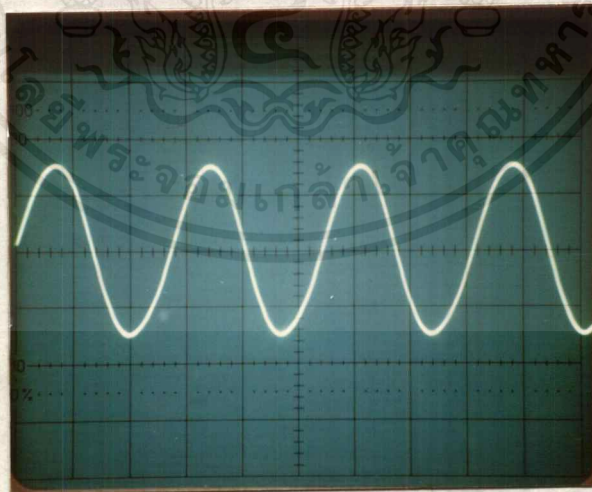
จุดที่	สถานที่	สายอากาศแบบ $\lambda/2$		
		dB (μ V)	μ V	คุณภาพเสียง
1	สำนักคณะบดี คณะครุศาสตร์ฯ	50	300	ชัดเจนดีมาก
2	โรงอาหาร คณะครุศาสตร์ฯ	50	300	ชัดเจนดีมาก
3	สนามเบสบอล คณะ วิทยาศาสตร์	40	100	ชัดเจนดีมาก
4	ตึกแอล คณะเทคโนโลยีเกษตร	36	74	ชัดเจนดีมาก
5	สำนักวิจัย คอมพิวเตอร์	50	300	ชัดเจนดีมาก
6	ป้อมยาม คณะครุศาสตร์ฯ	36	74	ชัดเจนดีมาก
7	ลานพระบรมรูป ร.4	30	32	ชัดเจนดี
8	ตึกพระเทพฯ	30	32	ชัดเจนดี
9	ตึกอธิการบดี	34	30	ชัดเจนดี
10	โรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์	34	50	ชัดเจนดี
11	สถานีรถไฟพระจอมเกล้า	25	18	ชัดเจน
12	ตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม	25	18	ชัดเจน

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดความแรงสัญญาณของเครื่องส่ง

4.4 การวัดรูปคลื่นของสัญญาณ ณ จุดต่างๆ ของวงจร

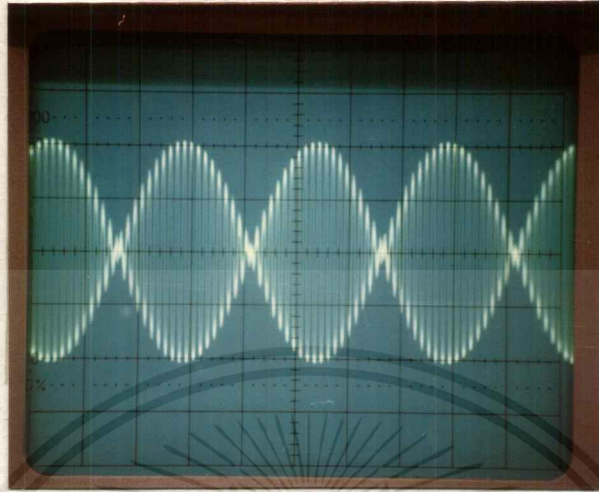


รูปที่ 4.5 สัญญาณคลื่นพหุย่อย 38 KHz จากวงจรหาร 2 ความถี่ 76 KHz
โดยตั้งค่า VOLTS / DIV. = 50 mV TIME / DIV. = 20 μ S

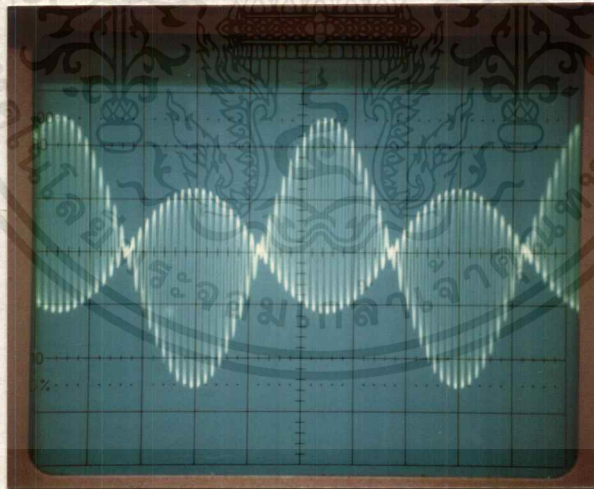


รูปที่ 4.6 สัญญาณคลื่นไฟลีสอดโทน 19 KHz จากวงจรหาร 2 ความถี่ 38 KHz
โดยตั้งค่า VOLTS / DIV. = 0.1 mV TIME / DIV. = 20 μ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

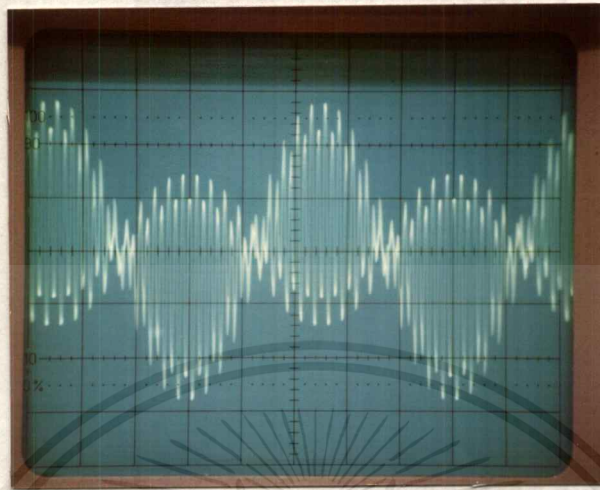


รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรบาลานซ์มอดูเลชันเมื่อป้อน $CH L = 1 V_{p-p}, CH R = 0 V$
โดยตั้งค่า $VOLTS / DIV. = 0.2 V$ $TIME / DIV. = 20 mS$



รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอโมดูลิเฟอิกซ์ เมื่อป้อน $CH L = 1 V_{p-p}, CH R = 0 V$
โดยตั้งค่า $VOLTS / DIV. = 0.5 V$ $TIME / DIV. = 0.2 mS$

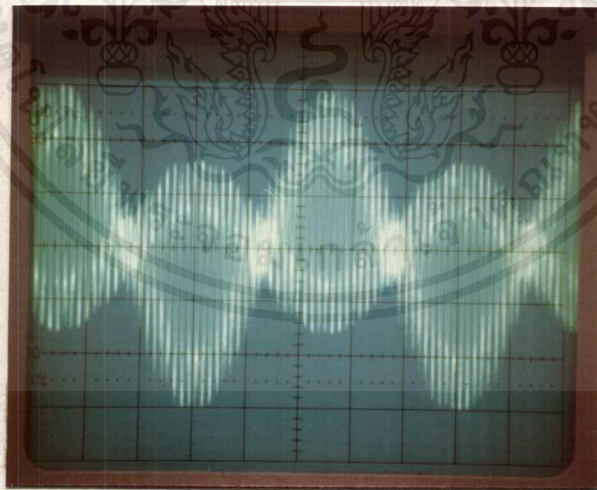
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อมีสัญญาณไฟลิตโทน 19 KHz

โดยตั้งค่า VOLTS / DIV. = 0.5 V

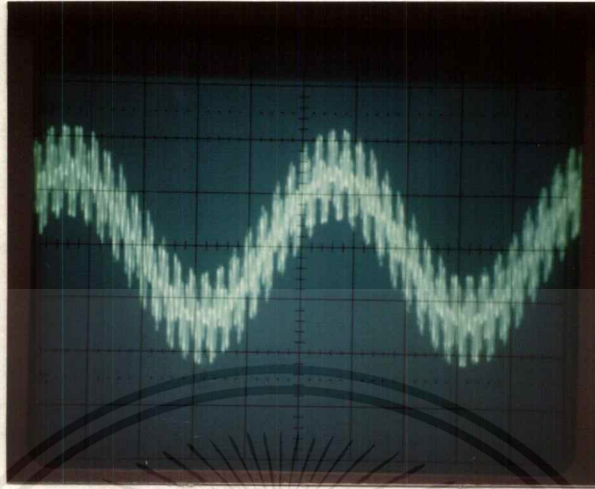
TIME / DIV. = 0.2 mS



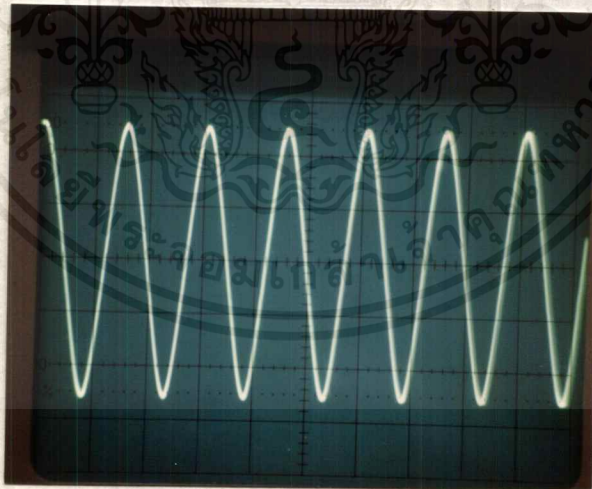
รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อมีคลื่นพาห์ 67 KHz

โดยตั้งค่า VOLTS / DIV. = 0.5 V

TIME / DIV. = 0.2 mS

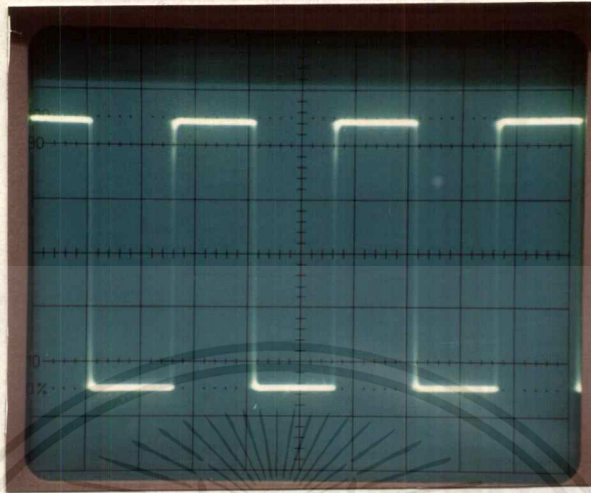


รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสแตอริโอมัลติเพล็กซ์ เมื่อ $CH L$ และ $CH R = 1V_{p-p}$
 โดยตั้งค่า $VOLTS / DIV. = 0.5 V$ $TIME / DIV. = 0.2 ms$

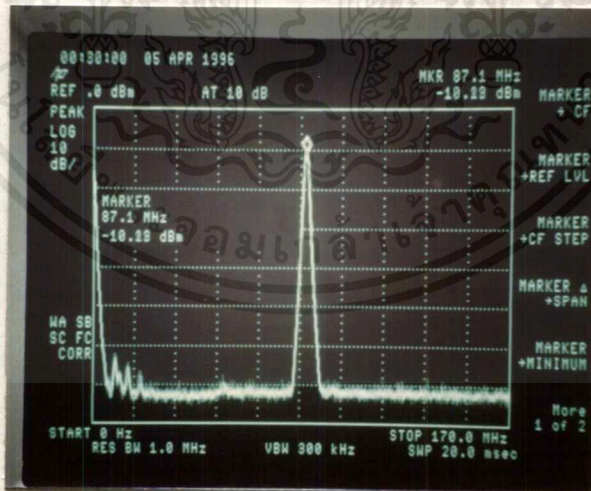


รูปที่ 4.12 คลื่นพาห์เอสซีเอความถี่ 67 KHz ของวงจรเอสซีเอ
 โดยตั้งค่า $VOLTS / DIV. = 50 mV$ $TIME / DIV. = 10 \mu S$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเฟสล็อกกลูป
 โดยตั้งค่า VOLTS / DIV. = 0.2 V TIME / DIV. = 5 μ S



รูปที่ 4.14 สเปกตรัมความถี่และแบนด์วิดธ์ของเครื่องส่งวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป และ แนวทางในการพัฒนา

5.1 บทสรุป

ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ในปริญญาโทฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและสร้างระบบกระจายเสียงที่สามารถควบคุมการกระจายเสียงแบบไร้สายตามจุดต่างๆ ได้ โดยมีประสิทธิภาพ สะดวกต่อการใช้งาน ประหยัด และง่ายต่อการควบคุม ซึ่งทางผู้จัดทำได้วางขอบเขตคุณสมบัติของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ไว้ดังนี้

การทำงานทั้งหมดหลังจากติดตั้งเครื่องรับเสร็จเรียบร้อยแล้วจะสามารถควบคุมการทำงานทั้งหมดได้ที่เครื่องส่ง ทั้งระบบการกระจายเสียงและระบบควบคุมการทำงาน

เพื่อความเอนกประสงค์และความสะดวกสบายในการใช้งานทางเครื่องรับสามารถติดต่อสัญญาณภายนอกทั้งจากไมโครโฟนและแหล่งกำเนิดเสียงอื่นๆ ได้ทางเครื่องรับโดยตรง โดยไม่ต้องผ่านระบบกระจายเสียงไร้สายจากเครื่องส่ง ในกรณีที่ต้องการ

ในการควบคุมการทำงานจากเครื่องส่งสามารถควบคุมการทำงานให้เครื่องรับทำงานได้พร้อมกันทั้งหมดหรือหยุดทำงานพร้อมกันทั้งหมดได้ หรือให้เครื่องรับเครื่องหนึ่งเครื่องใดทำงานหรือหยุดทำงานได้ตามต้องการ

จากการที่ได้ทำการศึกษาและทดลองระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ปรากฏว่าผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะเครื่องส่งสามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่วางเอาไว้ทุกประการ คือสามารถส่งสัญญาณเสียงจากเครื่องส่งมายังเครื่องรับได้ และสามารถควบคุมเครื่องรับได้ตามที่ต้องการทุกประการ โดยพื้นที่ในการควบคุมสามารถควบคุมได้ 8 พื้นที่ใช้งาน และหากแก้ไขวงจรควบคุมทางด้านเครื่องส่งและทางด้านภาครับของเครื่องรับก็จะสามารถเพิ่มพื้นที่การควบคุมได้อีกตามต้องการ

5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

ในระหว่างการทำปริญญาโทนี้ได้เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้นซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเอาไว้พอสังเขป ดังนี้

ปัญหา

สัญญาณควบคุมที่มอดูเลตกับความถี่คลื่นพาห่อย่อยที่ส่งไปทางเครื่องรับนั้นถูกลดทอนและรบกวนจากความถี่เสียงและสัญญาณไฟลีดรอน

แนวทางแก้ไข

ปัญหานี้เกิดจากในระบบ Frequency Division Multiplex (FDM) นั้นใช้ความถี่หลายๆความถี่มอดูเลตรวมกัน ดังนั้นความถี่จึงรบกวนกันเอง ทำให้สัญญาณทางเครื่องรับมีความแรงไม่พอที่จะนำไปถอดรหัสจึงต้องใช้วงจรกรองผ่านความถี่ (Band Pass Filter) ช่วยในการกรองสัญญาณควบคุมที่ต้องการให้ผ่านและขยายให้แรงเพียงพอที่จะใช้งานได้ ซึ่งก็สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในระดับหนึ่ง

ปัญหา

ทางเครื่องส่งสัญญาณ RF จากเอาต์พุตของเครื่องส่งเกิดการแพร่กระจายและป้อนกลับเข้ามารบกวนระบบเสียงทางเครื่องส่งเองทำให้ทางเครื่องรับไม่สามารถรับสัญญาณเสียงได้และไม่สามารถถอดรหัสสัญญาณได้

แนวทางแก้ไข

ควรสร้างกล่องชิลด์กันระหว่างภาคต่างๆ ภายในเครื่องส่งและสร้างระบบกราวด์ของเครื่องให้ดีให้มีประสิทธิภาพ เพื่อไม่ให้เกิดการย้อนกลับจนของสัญญาณจนเกิดการออสซิลเลตได้

ปัญหา

วงจรกรองผ่านความถี่ที่สร้างขึ้นนั้นมีแบนด์วิดท์แคบเกินไปทำให้สัญญาณควบคุมที่มอดูเลตแบบเอฟเอ็ม ซึ่งมีการเบี่ยงเบนทางความถี่ ทำให้ความถี่ไม่สามารถผ่านวงจรกรองความถี่ได้ทั้งหมด ทำให้การควบคุมทำได้ไม่ถูกต้องตามที่ต้องการ

แนวทางแก้ไข

ทำการแก้ไขวงจรกรองความถี่ให้มีแบนด์วิดท์กว้างกว่าเดิมเพียงพอกับความถี่ที่เบี่ยงเบนไปสามารถผ่านวงจรกรองความถี่ได้หมดเพื่อให้ทำการควบคุมได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ปัญหา

ระยะทางในการใช้งานมีรัศมีการใช้งานไม่ไกล

แนวทางแก้ไข

ควรทำการเพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่งหรือทำการพัฒนาสายอากาศทางด้านเครื่องส่ง และสายอากาศทางด้านเครื่องรับให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัญหา

ไม่สามารถทำการปรับความถี่ของเครื่องส่งให้ตรงตามที่ใช้งาน คือ 87 MHz ได้

แนวทางแก้ไข

ใช้ตัวเก็บประจุค่า 10 pF ต่อขนานกับตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ ในวงจร ออสซิลเลเตอร์

ปัญหา

ความถี่คลื่นพาห์ของวงจรเฮสซีเอมีค่าความถี่ไม่คงที่

แนวทางแก้ไข

ทำการเปลี่ยนค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ภายในวงจรกำเนิดคลื่นพาห์เฮสซีเอจาก ค่าเดิม 100 k Ω เป็น 20 k Ω

ปัญหา

เกิดการรบกวนระหว่างสัญญาณจากเครื่องส่งกับสัญญาณในวงจรรวมสัญญาณ ทางด้านเครื่องส่ง

แนวทางแก้ไข

แยกวงจรเครื่องส่งออกจากวงจรรวมสัญญาณ โดยแยกใช้กราวด์ของวงจรและติดตั้ง ในบริเวณที่ไม่มีกรบกวนระหว่างสัญญาณซึ่งกันและกัน

ปัญหา

ในกรณีที่เครื่องรับแยกการใช้งานเป็นอิสระ คือ ไม่ทำการรับสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสียงที่ส่งมาจากเครื่องส่ง สัญญาณเสียงที่ได้ยินจะมีการรบกวนจากสัญญาณวิทยุที่ทำการกระจายเสียงอยู่ทั่วไป

แนวทางแก้ไข

ทำการต่อตัวเก็บประจุค่า $0.1 \mu\text{F}$ ครอบระหว่างสัญญาณที่เอาต์พุตของวงจรคิมัลติเพล็กซ์กับกราวด์

5.3 แนวทางในการพัฒนา

ในการพัฒนานั้นสามารถกระทำได้ดังนี้

1. การพัฒนาทางเครื่องส่ง

- 1.1 ปรับปรุงสายอากาศให้มีแกนและประสิทธิภาพสูงขึ้น
- 1.2 เพิ่มกำลังเครื่องส่งให้สูงขึ้นเพื่อควบคุมในระยะไกลได้
- 1.3 ในด้านเครื่องส่งสามารถเพิ่มช่องต่อสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงภายนอกให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดรายการ
- 1.4 สามารถเพิ่มการควบคุมระดับสัญญาณเสียงของเครื่องรับได้ โดยการควบคุมจากแป้นกด DTMF ของเครื่องส่ง
- 1.5 สามารถดัดแปลงการส่งเป็นการส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ ได้ โดยการเพิ่มเติมวงจรเข้ารหัสในด้านเครื่องส่งและวงจรถอดรหัสในด้านเครื่องรับ

2. พัฒนาทางเครื่องรับ

- 2.1 เพิ่มความไวของเครื่องรับให้มีความไวสูงกว่านี้
- 2.2 ปรับปรุงสายอากาศให้กระทัดรัดแต่มีแกนและประสิทธิภาพสูง
- 2.3 ปรับปรุงแก้ไขวงจรเข้ารหัสในด้านเครื่องส่ง และวงจรถอดรหัสในด้านเครื่องรับเพื่อเพิ่มจำนวนพื้นที่ให้มากยิ่งขึ้น
- 2.4 ปรับปรุงคุณภาพของวงจรขยายเสียงและคุณภาพลำโพง เพื่อให้มีคุณภาพเสียงที่ดีกว่าขึ้น

ซึ่งแนวทางในการพัฒนาทั้งหมดเพื่อให้ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ทำงานได้อเนกประสงค์ มีประสิทธิภาพ และมีประโยชน์ในการใช้งานให้ได้มากที่สุด

บรรณานุกรม

- กฤษฎา วิศวธีรานนท์ รศ. ,เทคนิคการต่อวงจรเครื่องขยายเสียง.กรุงเทพมหานคร:
ซีเอ็ดยูเคชั่น,2532
- บรรเจิด ตันติภัตยาภรณ์,เครื่องรับส่ง 8.กรุงเทพมหานคร:เครื่องรับส่ง,2533
- วิเชียร ชมเชย และสมชาย อินทร์ทอง,ความถี่.กรุงเทพมหานคร:ความถี่,2537
- สุชาติ กังวารจิตต์,เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร:
ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2532
- John L. Hilburn and David E.Johnson,MANUAL OF ACTIVE FILTER DESIGN.
San Francisco:McGraw-Hill Book Company,1973
- MOTGROUP,ความรู้เบื้องต้นทางวิทยุกระจายเสียงและวิทยุ โทรทัศน์.
กรุงเทพมหานคร:ฟิลิกส์เซ็นเตอร์,2535
- PHILIPS,ECG Semiconductors Master Replacement Guide.Canada:
Philips ECG,1991



ภาคผนวก ก
รายการอุปกรณ์ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเครื่องส่ง

1.รายการอุปกรณ์วงจรปรับแต่งเสียง

1.1 ภาคปริ๊มค้และภาคอินพุต

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R3	carbon	10 k Ω	5
R2	carbon	1 k Ω	5
R4	carbon	100 Ω	5
R5,R6,R7,R8	carbon	15 k Ω	20
VR1	potentiometer	10 k Ω A	5
VR2	potentiometer	10 K Ω A	5
C1	electrolitics	2.2 μ F	5
C2,C3	ceramic	150 pF	10
C4	electrolitics	330 μ F	5
C5	ceramic	10 pF	5
C6	electrolitics	3.3 μ F	5
IC 1	Dual Op-Amp	NE 5534	5

1.2 ภาครวมสัญญาณ

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R9,R10,R11,R12,R13	carbon	10 k Ω	10
R14	carbon	1 k Ω	2
R15	carbon	4.7 k Ω	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
C7,C8,C9,C10,C11,C12	electrolitics	4.7 μ F	12
IC 2	Dual Op-Amp	TL 072	2

1.3 ภาคโตนคอนโทรล

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R15,R16,R17	carbon	33 k Ω	6
R18,R19	carbon	12 k Ω	4
R20,R21	carbon	10 k Ω	4
R22	carbon	150 Ω	2
VR3,VR4,VR5	potentiometer	100 k Ω A	3
C13	milar	0.015 μ F	2
C14	milar	0.0027 μ F	2
C15	milar	0.012 μ F	2
C16	milar	0.0015 μ F	2
C17	ceramic	39 pF	2
C18	electrolitics	6.8 μ F	2
IC 3	Dual Op-Amp	NE 5534	2

1.4 ภาคขยายสัญญาณ

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R23	carbon	47 k Ω	2
R24	carbon	1 k Ω	2
R25	carbon	2.2 k Ω	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R26	carbon	6.8 k Ω	2
VR6	potentiometer	10 k Ω A	2
C19	electrolitics	1 μ F	2
C21	ceramic	220 pF	2
C 22	ceramic	4.7 pF	2
C23	electrolitics	33 μ F	2
IC4	Dual Op Amp	NE 5534	2

2.รายการอุปกรณ์วงจรภาคเมตริกซ์สเตอริโอ

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R6,R12,R13,R15	carbon	47 k Ω	5
R2,R4,R8,R11,R5,R14	carbon	33 k Ω	6
R3,R7,R9,R10	potentionslitic	25 k Ω	4
R16	carbon	100 Ω	1
C1,C2,C3,C4,C5,C6	electrolitics	47 μ F	6
IC1	Dual Op Amp	LM1458	1

3.รายการอุปกรณ์วงจรภาคออสซิลเลเตอร์

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R17	carbon	100 Ω	1
R18,R19	carbon	68 k Ω	2
R20,R22	carbon	100 k Ω	2
R21,R25	carbon	470 Ω	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R23	carbon	2.2 M Ω	1
R24	carbon	10 k Ω	1
R26,R27	carbon	2.2 k Ω	2
R28,R29	carbon	220 Ω	2
R30	carbon	1 k Ω	1
R31	potentionlitics	25 k Ω	1
C7,C8	Siver milar	470 pF	2
C9,C10	milar	0.0068 μ F	2
C11	electrolitics	1 μ F	1
C12,C14	electrolitics	47 μ F	2
C13	ceramic	470 pF	1
C15	milar	0.047 μ F	1
C16	milar	0.0033 μ F	1
C17	milar	0.01 μ F	1
C18	milar	0.1 μ F	1
TR1,TR2	Si NPN	2N3565	2
IC2	CMOS	CD4027	1

4.รายการอุปกรณ์วงจรภาคบาลานซ์มอดูเลเตอร์

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R32,R33,R49	carbon	100 k Ω	3
R34,R36	carbon	22 k Ω	2
R35	carbon	25 k Ω	1
R37,R47	carbon	220 Ω	2
R38	carbon	680 Ω	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R39	carbon	1 k Ω	1
R40	carbon	470 Ω	1
R41,R42	carbon	2.2 k Ω	2
R43,R48	carbon	3.3 k Ω	2
R44	carbon	10 Ω	1
R45	carbon	1.5 k Ω	1
C20,C21,C22,C23,C24,C25	electrolitics	47 μ F	6
C26	eledtrolitics	1 μ F	1
C28	electrolitics	470 μ F	1
IC3	balanced mod.	MC1496	1

5.รายการอุปกรณ์วงจรภาครวมและขยายสัญญาณ

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R494,R50,R51,R52,R53	carbon	100 k Ω	5
R54	carbon	10 k Ω	1
R63	carbon	1 k Ω	1
R64	potentiometer	25 k Ω	1
C20,C42	electrolitics	47 μ F	2
C27,C29	electrolitics	1 μ F	2
IC4	Daul Op Amp	LM1458	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.รายการอุปกรณ์วงจรภาคเข้ารหัสสัญญาณควบคุมและแสดงผล

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R2,R6	carbon	100 k Ω	3
R3	carbon	300 k Ω	
R4	carbon	1.2 k Ω	1
R5	carbon	1 k Ω	1
VR1,VR2	potentiometer	20 k Ω	2
C1,C2,C3	electrolitics	0.1 μ F	3
C4	electrolitics	0.01 μ F	1
C5	ceramic	100 μ F	1
C6	electrolitics	2.2 μ F	1
C7	ceramic	0.01 μ F	1
C8	electrolitics	100 μ F	1
X1,X2	X-Tal	3.37954 MHz	1
IC1	DTMF Modulators	MC 145412	1
IC2	Decodeer	MT8870	1
IC3	Latch	40175	1
IC4	Binary to Heximal	4514	1
IC5,IC10	Timer / OSC	NE 555	2
IC6	Nand Gate	4011	1
IC7,IC8,IC9,IC11	JK FipFlop	4027	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.รายการอุปกรณ์วงจรภาคเครื่องส่ง

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1	carbon	100 k Ω	1
R2,R3	carbon	10 k Ω	2
R4	carbon	100 Ω	1
R5,R6,R8,R9,R10,R11	carbon	56 Ω	6
R7	carbon	10 Ω	1
C1	electrolitics	4.7 μ F	1
C20,C8	ceramic	470 pF	2
C4	timmer	3.5-13 pF	1
C3	ceramic	330 pF	1
C5	timmer	3-10 pF	1
C6	ceramic	10 pF	1
C7,C8,C11,C16,C21,C25,C27	ceramic	1 nF	7
C9,C22,C23,C31	ceramic	47 nF	4
C10	electrolitics	22 μ F	1
C13,C19,C26	ceramic	4.7 nF	3
C14,C18,C29	timmer	3.5-13 pF	3
C15,C30,C17	timmer	3-13 pF	3
IC1	Recgulate	7812	1
TR1,TR2	RF. Amp	BSX60	2
TR3	RF. Amp	2N3924	1
TR4	RF. Amp	BLY89	1
VD1	varicap	BB119	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเครื่องรับ

1.รายการอุปกรณ์วงจรถอดรหัสสัญญาณเสียง

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1	carbon	20 k Ω	1
R2	carbon	18 k Ω	1
R3,R4,R5,R6,R7,R8	carbon	10 k Ω	6
R9,R10	carbon	1.8 k Ω	2
R11,R12,R13,R14	carbon	1.1 k Ω	4
R15	carbon	3.9 k Ω	1
R16,R17	carbon	560 Ω	2
VR1	potentiometer	10 Ω	1
VR2	potentiometer	5 k Ω	1
C1	electrolitics	4.7 μ F	1
C2	ceramic	220 pF	1
C3,C4	electrolitics	10 μ F	2
C5,C6	milar	0.22 μ F	2
C7	milar	0.033 μ F	1
C8	milar	0.022 μ F	1
C9	milar	0.0068 μ F	1
C10	ceramic	0.0056 μ F	1
C11,C12,C13,C14	milar	0.0022 μ F	4
C15,C16,C17	milar	0.001 μ F	3
C18	ceramic	560 pF	1
IC1	Dual Op Amp	TL 071	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
IC2	PLL	LM 565	1
IC3	Dual Op Amp	TL 072	1
IC4	Regulate	7812	1

2.รายการอุปกรณ์วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณควบคุม

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1	carbon	20 k Ω	1
R2	carbon	18 k Ω	4
R3,R4,R5,R6,R7,R8	carbon	10 k Ω	6
R9,R10	carbon	1.8 k Ω	2
R11,R12,R13,R14	carbon	1.1 k Ω	4
R15	carbin	3.9 k Ω	1
R16,R17	carbon	560 Ω	2
VR1	potentiometer	10 k Ω	1
VR2	potentiometer	5 k Ω	1
C1	eletrolitics	4.7 μ F	1
C2	ceramic	200 .pF	1
C3,C4	electrolitics	10 μ F	2
C5,C6	milar	22 μ F	2
C7	milar	0.033 μ F	1
C8	milar	0.022 μ F	1
C9	milar	0.0068 μ F	1
C10	milar	0.0056 μ F	1
C11,C12,C13,C14	milar	0.0022 μ F	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
C15,C16,C17	milar	0.001 μ F	3
C18	seramic	560 pF	1
IC1	Dual Op Amp	TL071	1
IC2	PLL	LM565	1
IC3	Dual Op Amp	TL072	1
IC4	Recgulate	7812	1

3.รายการอุปกรณ์วงจรภาคปรับแต่งเสียง

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R2,R3,R4,R9,R10	carbon	10 k Ω	6
R7,R8	carbon	3.6 k Ω	2
R6,R7	carbon	1.8 k Ω	2
VR2	potentiometer	500 k Ω	1
VR1,VR3	potentiometer	100 k Ω	2
C1	electrolitics	4.7 μ F	1
C2	electrolitics	1 μ F	1
C3,C4,C5	milar	0.047 μ F	3
C6	milar	0.02 μ F	1
IC1	Daul Op Amp	LF353	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.รายการอุปกรณ์วงจรภาคขยายเสียง

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R2,R6	carbon	8.2 k Ω	3
R3,R11	carbon	1.85 k Ω	2
R4	carbon	1.2 M Ω	1
R5,R9	carbon	33 Ω	2
R7,R12	carbon	1 k Ω	2
R8,R13	carbon	1 Ω	2
R10	carbon	10 Ω	1
C1,C2,C8,C9,C7,C10,C15	electrolitics	10 μ F	7
C3	milar	0.0033 μ F	1
C4,C6	milar	0.068 μ F	2
C5,C13,C14,C18	ceramic	0.1 μ F	4
C11,C12,C16,C17	electrolitics	100 μ F	4
VR1,VR2,VR3	potentionslitics	50 k Ω	3
Q1	Si TR pnp	BC548	1
IC1	Power Amp	TDA2004	1

5.รายการอุปกรณ์วงจรภาคควบคุมสวิทซ์

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R1,R2	carbon	100 k Ω	2
R3	carbon	300 k Ω	1
R4	carbon	1.2 k Ω	1
R5,R7	carbon	1 k Ω	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R6	carbon	100 k Ω	1
C1,C2,C3	electrolitics	0.10 μ F	3
C4,C7	seramic	0.01 μ F	2
C6	electrolitics	2.2 μ F	1
C5,C8	eletrolitics	100 μ F	2
C9,C10	seramic	33 pF	2
VR1,VR2	potentiometer	20 k Ω	2
X1	X-Tal	3.57954 MHz	1
TR1,TR2	Si TR npn	2SC458	2
IC1	DTMF decode	MT8870	1
IC2	D-Flip-Flop	40175	1
IC3	2-16 Decoder	4514	1
IC4,IC5	Timer/OSC	LM555	2
IC6	NAND Gate	4011	1
IC7	OR Gate	4075	1
IC8	JK Flip-Flop	4027	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

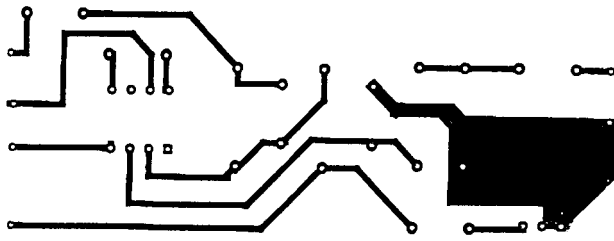


ภาคผนวก ข

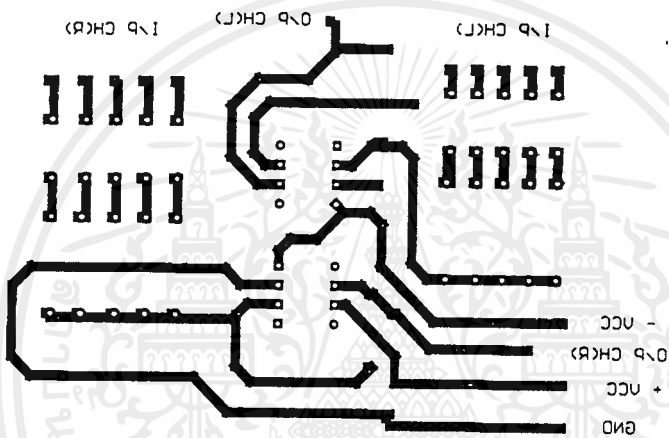
แผ่นวงจรพิมพ์ภาคต่าง ๆ ของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

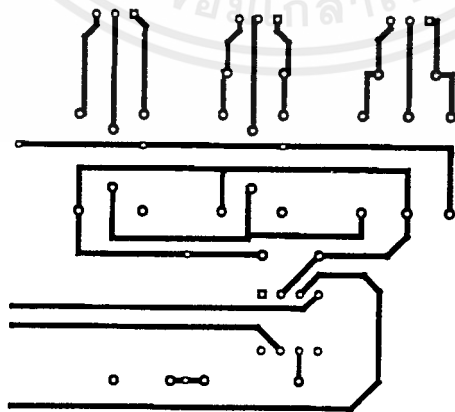
จจว +



แผ่นวงจรขยายสัญญาณเสียงทางด้านอินพุต (Pre Amp.)

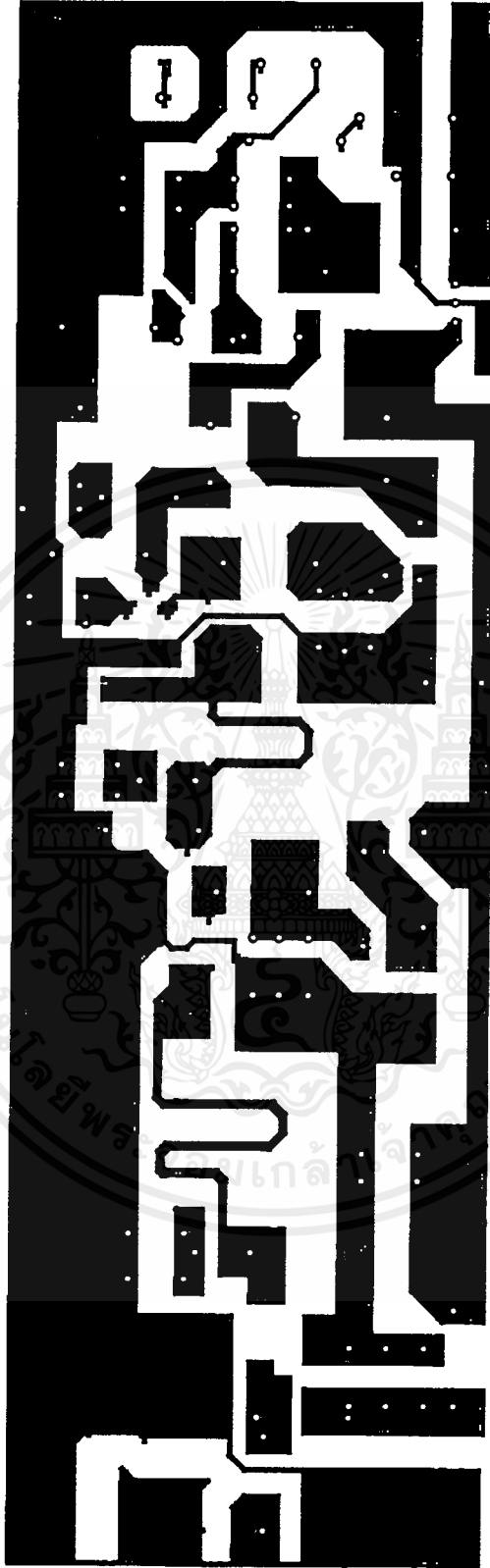


แผ่นวงจรรวมสัญญาณเสียงทางด้านอินพุต (Mixer)



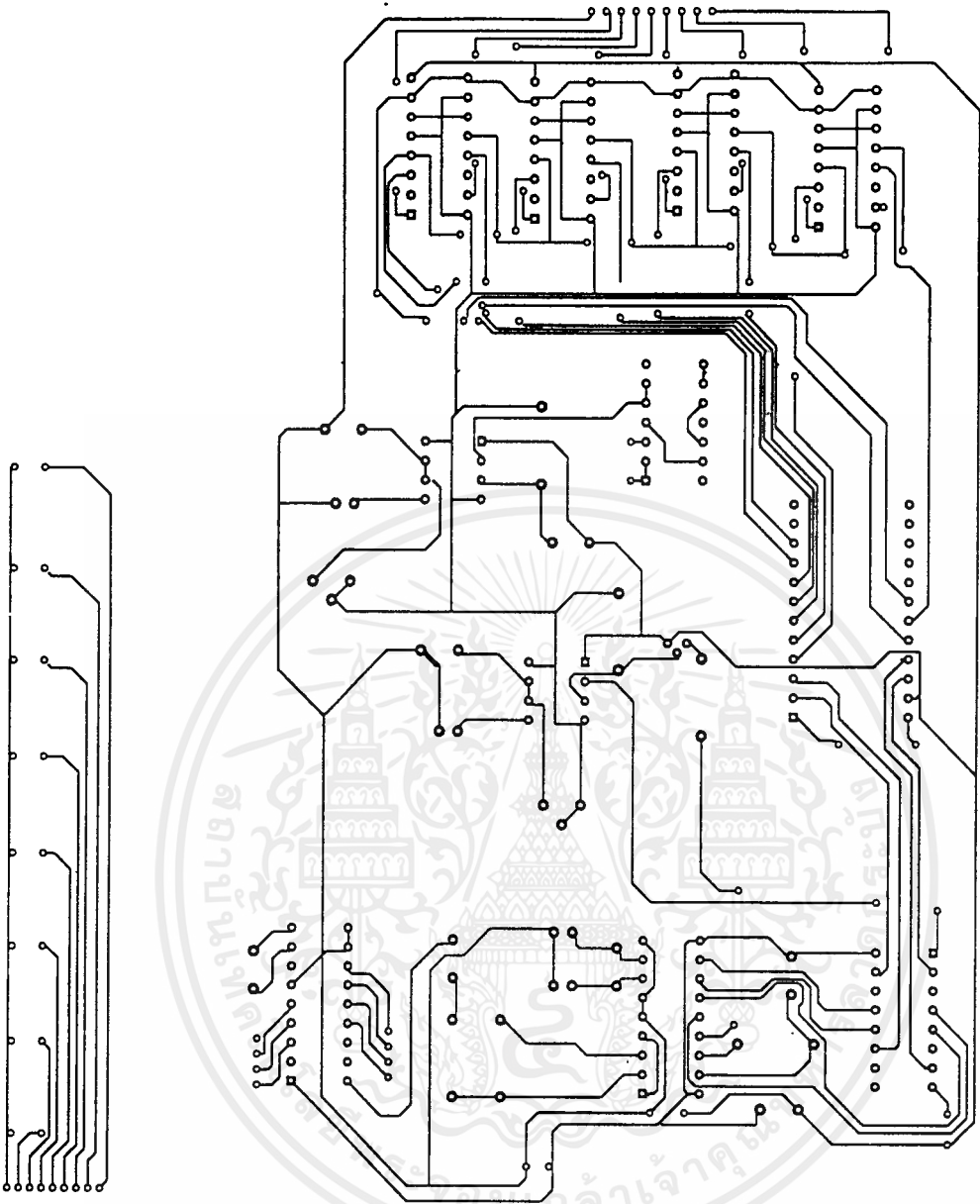
แผ่นวงจรโทนคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

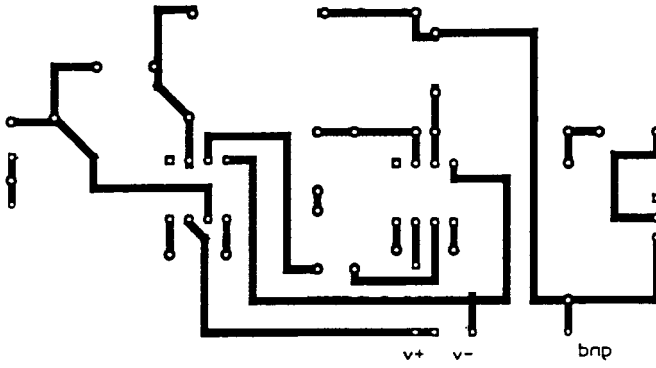


แผ่นวงจรเครื่องส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นวงจรแสดงผลรหัสควบคุมพื้นที่ ด้านเครื่องส่ง

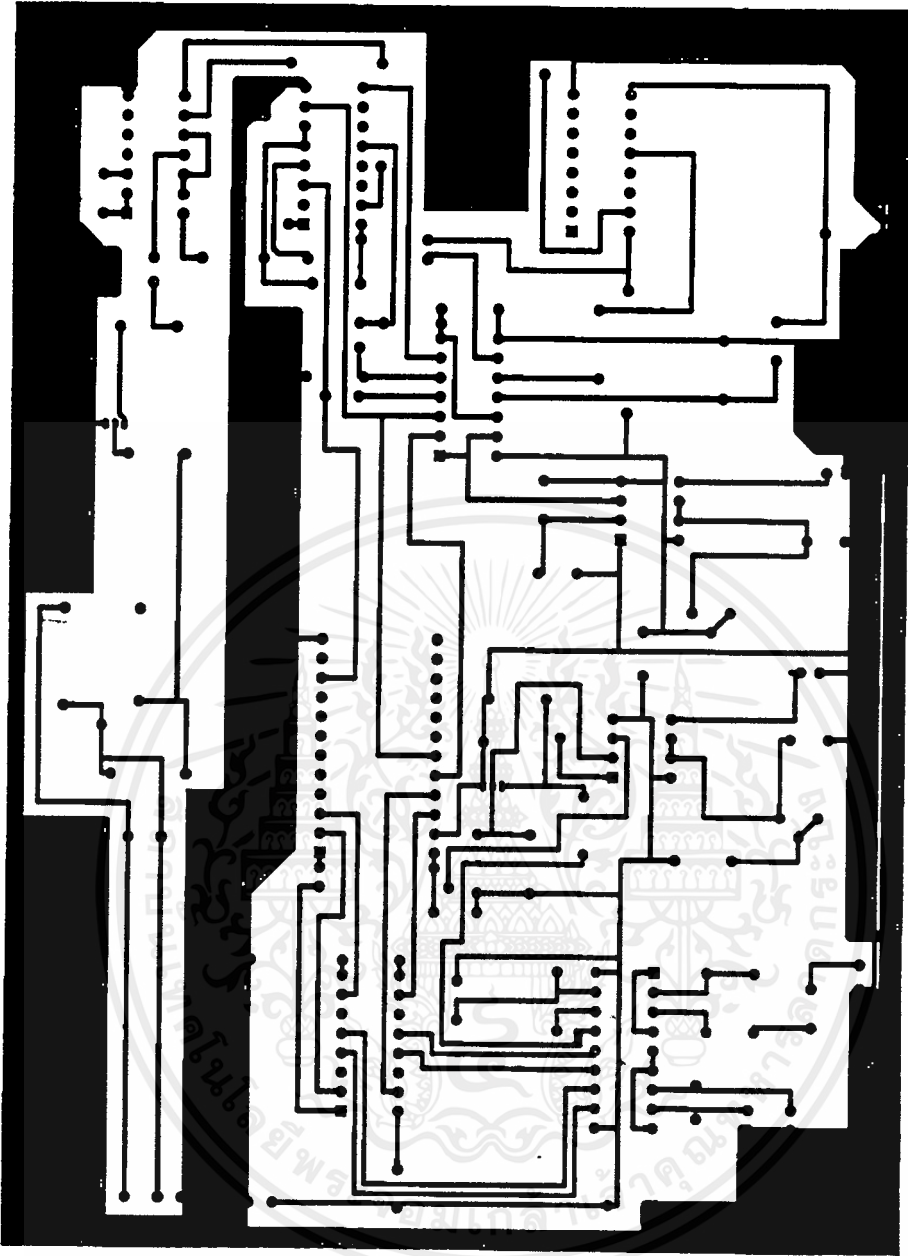


แผ่นวงจรขยายสัญญาณเสียงของภาคมิกเซอร์



แผ่นวงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นวงจรต่อรหัสและควบคุมพื้นที่ด้านเครื่องรับ

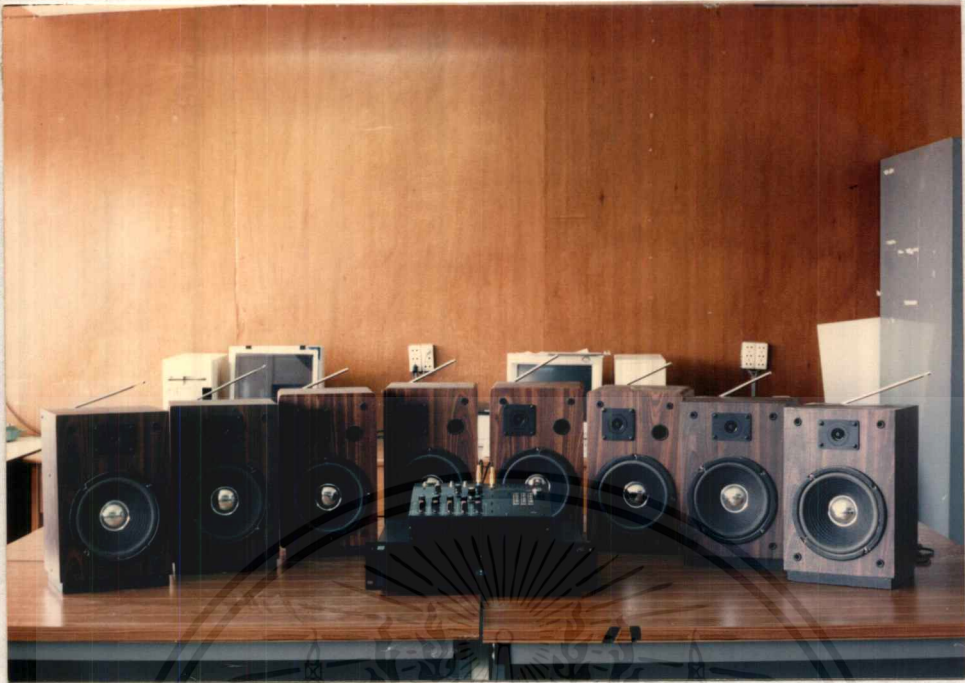
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



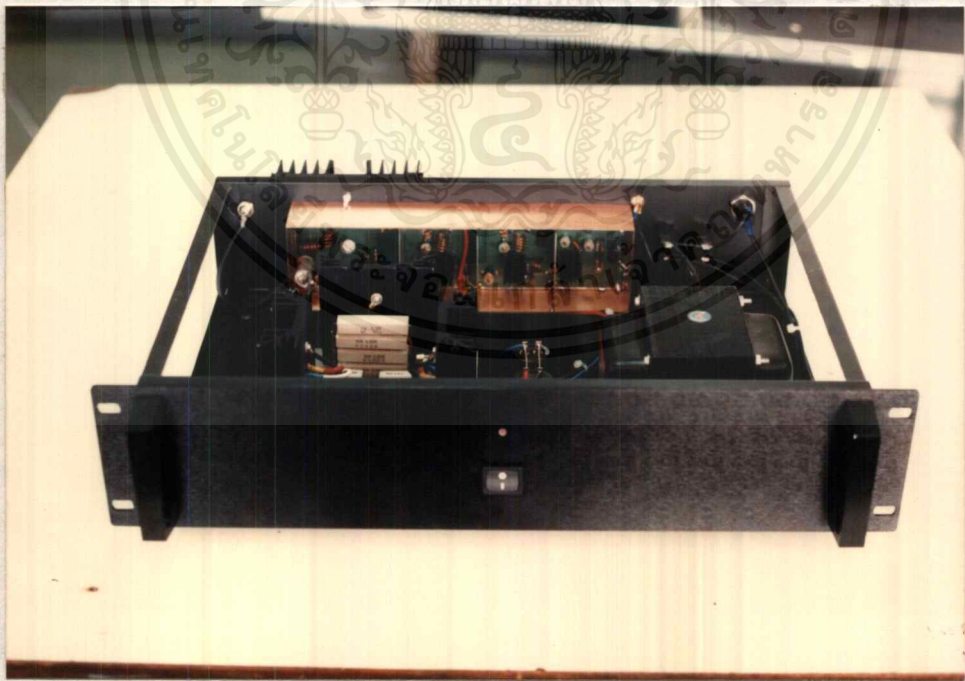
ภาคผนวก ค

รูปเครื่องต้นแบบของระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

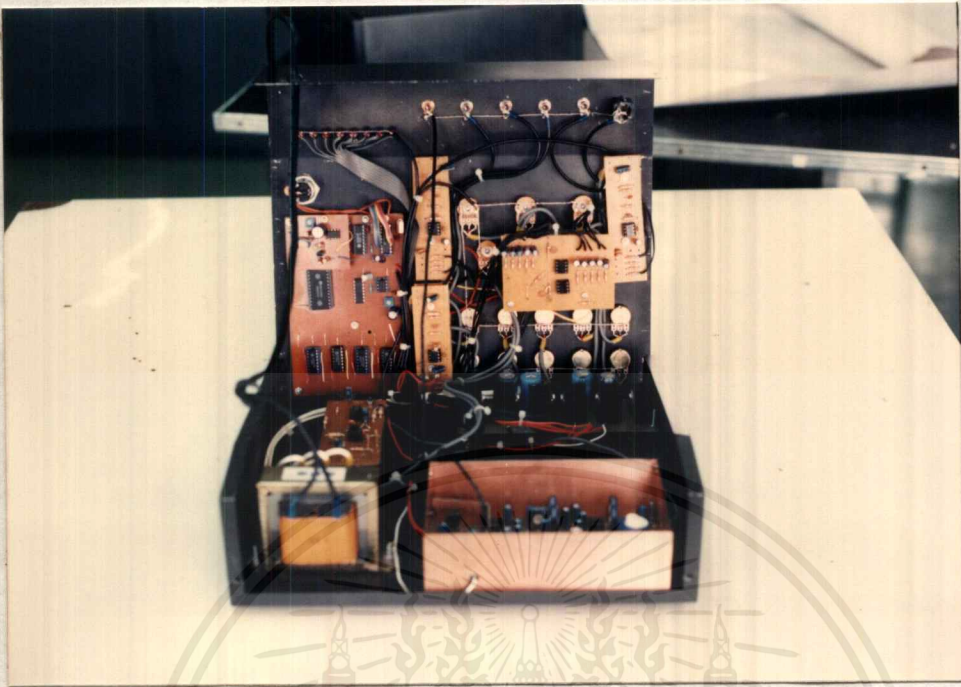


รูปแสดงเครื่องสมบูรณ์ของการส่งกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่



รูปแสดงเครื่องส่งกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ขณะประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงด้านเครื่องส่งขณะประกอบ



รูปแสดงเครื่องรับขณะประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงเครื่องรับในระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ทั้งด้านหน้า และด้านหลัง



รูปแสดงเครื่องรับระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่ ทั้ง 8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.
รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LINEAR
INTEGRATED
CIRCUITS**

**TYPES MC1558, MC1458
DUAL GENERAL-PURPOSE
OPERATIONAL AMPLIFIERS**

BULLETIN NO. DL-S 11457, FEBRUARY 1971—REVISED OCTOBER 1979

- Short-Circuit Protection
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- Low Power Consumption
- No Latch-up
- Designed to be Interchangeable with Motorola MC1558/MC1458 and Signetics S5558/N5558

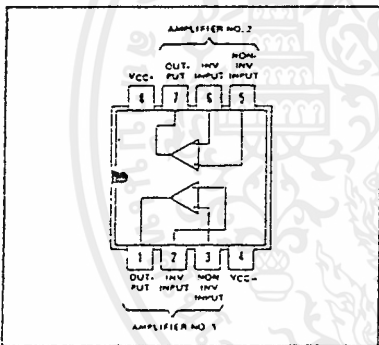
Description

The MC1558 and MC1458 are dual general-purpose operational amplifiers with each half electrically similar to uA741 except that offset null capability is not provided.

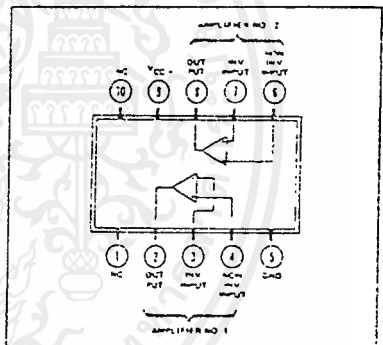
The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make these amplifiers ideal for voltage-follower applications. The devices are short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components.

The MC1558 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C; the MC1458 is characterized for operation from 0°C to 75°C.

JG OR P DUAL-IN-LINE
PACKAGE (TOP VIEW)



U FLAT PACKAGE
(TOP VIEW)



NC—No internal connection

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MC1558	MC1458	UNIT	
Supply voltage V_{CC+} (see Note 1)	22	18	V	
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-22	-18	V	
Differential input voltage (see Note 2)	±30	±30	V	
Input voltage (any input, see Notes 1 and 3)	±15	±15	V	
Duration of output short-circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited		
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5)	Each amplifier	500	500	
	Total package	JG or P package	680	680
		U Package	675	675
Operating free-air temperature range	-55 to 125	0 to 75	°C	
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C	
Lead temperature 1/16 inch (1, 6 mm) from case for 60 seconds	JG or U package	300	300	
Lead temperature 1/16 inch (1, 6 mm) from case for 10 seconds	P package		260	

- NOTES:
1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
 4. The output may be shorted to ground or either power supply. For the MC1558 only, the unlimited duration of the short-circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.
 5. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation Derating Table. In the JG package, MC1558 chips are alloy-mounted; MC1458 chips are glass-mounted.

Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES MC1558, MC1458 DUAL GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC+} = 15\text{ V}$, $V_{CC-} = -15\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MC1558			MC1458			UNIT	
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
V_{IO}	Input offset voltage	$R_S < 10\text{ k}\Omega$	25°C	1	5	1	6	mV	
			Full range		6		7.5		
I_{IO}	Input offset current		25°C	20	200	20	200	nA	
			Full range		500		300		
I_{IB}	Input bias current		25°C	80	500	80	500	nA	
			Full range		1500		800		
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	±12	±13	±12	±13	V	
			Full range		±12		±12		
V_{OPP}	Maximum peak-to-peak output voltage swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	24	28	24	28	V	
		$R_L > 10\text{ k}\Omega$	Full range	24		24			
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	20	26	20	26		
		$R_L > 2\text{ k}\Omega$	Full range	20		20			
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	$R_L > 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	25°C	50	200	20	200	V/mV	
			Full range	25		15			
B_{OM}	Maximum output-swing bandwidth (closed-loop)	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $V_O > \pm 10\text{ V}$, $A_{VD} = 1$, $\text{THD} < 5\%$	25°C		14		14	kHz	
B_1	Unity-gain bandwidth		25°C	1		1		MHz	
ϕ_{PM}	Phase margin	$A_{VD} = 1$	25°C	65°		65°			
A_{GM}	Gain margin		25°C	11		11		dB	
r_i	Input resistance		25°C	0.3	2	0.3	2	M Ω	
r_o	Output resistance	$V_O = 0$, See Note 6	25°C		75		75	Ω	
C_i	Input capacitance		25°C	1.4		1.4		pF	
Z_c	Common-mode input impedance	$f = 20\text{ Hz}$	25°C		200		200	M Ω	
CMRR	Common-mode rejection ratio	$R_S < 10\text{ k}\Omega$	25°C	70	90	70	90	dB	
			Full range	70		70			
k_{SVS}	Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$R_S < 10\text{ k}\Omega$	25°C		30	150	30	150	$\mu\text{V/V}$
			Full range		150		150		
V_n	Equivalent input noise voltage (closed-loop)	$A_{VD} = 100$, $R_S = 0$, $f = 1\text{ kHz}$, $B_{1/2} = 1\text{ Hz}$	25°C		45		45	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
I_{OS}	Short-circuit output current		25°C	±25	±40	±25	±40	mA	
I_{CC}	Supply current (Both amplifiers)	No load,	25°C	3.4	5	3.4	5.6	mA	
		No signal	Full range		6.6		6.6		
$P_{D(amp)}$	Total power dissipation (Both amplifiers)	No load,	25°C	100	150	100	170	mW	
		No signal	Full range		200		200		
$V_{O1/V_{O2}}$	Channel separation		25°C	120		120		dB	

† All characteristics are specified under open-loop operation, unless otherwise noted. Full range for MC1558 is -55°C to 125°C and for MC1458 is 0°C to 75°C .

NOTE 6: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

operating characteristics, $V_{CC+} = 15\text{ V}$, $V_{CC-} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MC1558		MC1458		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	
t_r	Rise time	$V_I = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$,		0.3		μs
	Overshoot factor	$C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		5%		
SR	Slew rate at unity gain	$V_I = 10\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		0.5		V/ μs

TEXAS INSTRUMENTS

INCORPORATED
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับลูกค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

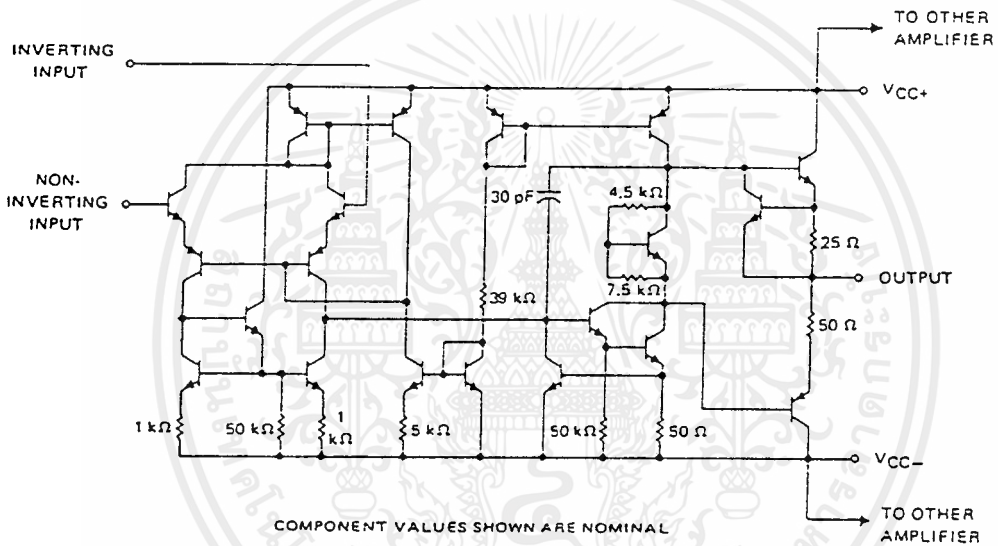
TYPES MC1558, MC1458
DUAL GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

DISSIPATION DERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE T_A
JG (Alloy-Mounted Chip)	680 mW	8.4 mW/°C	69°C
JG (Glass-Mounted Chip)	680 mW	6.6 mW/°C	47°C
P	680 mW	8.0 mW/°C	65°C
U	675 mW	5.4 mW/°C	25°C

Also see Dissipation Derating Curves, Section 2.

schematic (each amplifier)



PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

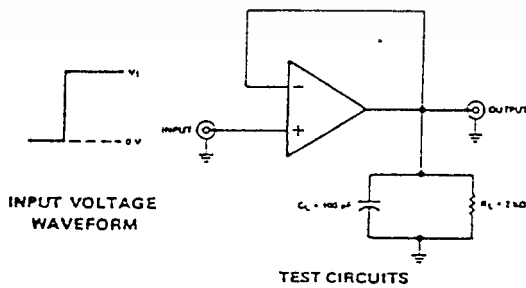


FIGURE 1—RISE TIME, OVERSHOOT, AND SLEW RATE

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES MC1558, MC1458
DUAL GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS

INPUT OFFSET CURRENT
VS.
FREE-AIR TEMPERATURE

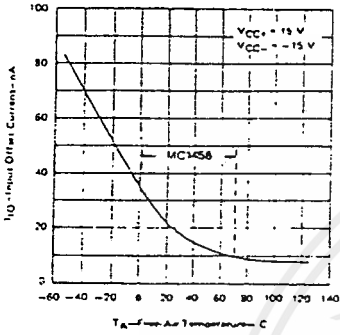


FIGURE 2

INPUT BIAS CURRENT
VS.
FREE-AIR TEMPERATURE

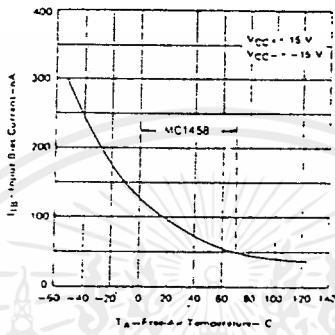


FIGURE 3

MAXIMUM PEAK-TO-PEAK
OUTPUT VOLTAGE
VS.
LOAD RESISTANCE

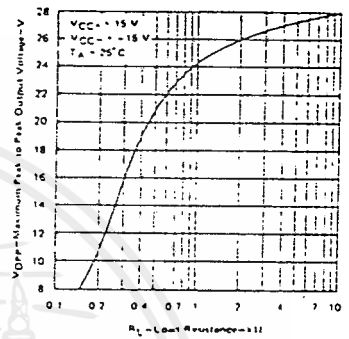


FIGURE 4

MAXIMUM PEAK-TO-PEAK
OUTPUT VOLTAGE
VS.
FREQUENCY

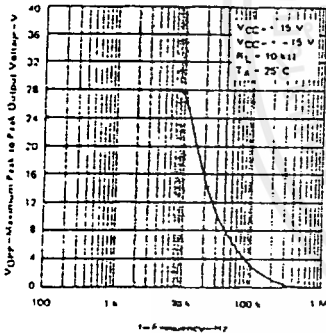


FIGURE 5

OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL
DIFFERENTIAL
VOLTAGE AMPLIFICATION
VS.
SUPPLY VOLTAGE

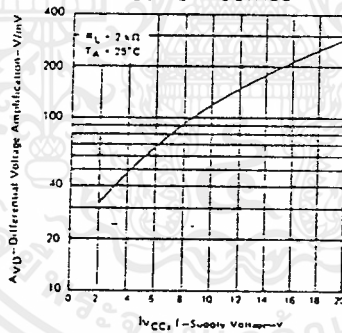


FIGURE 6

OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL
DIFFERENTIAL
VOLTAGE AMPLIFICATION
VS.
FREQUENCY

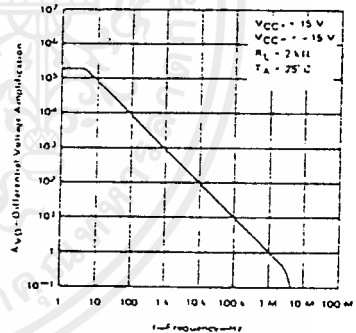


FIGURE 7

COMMON-MODE REJECTION RATIO
VS.
FREQUENCY

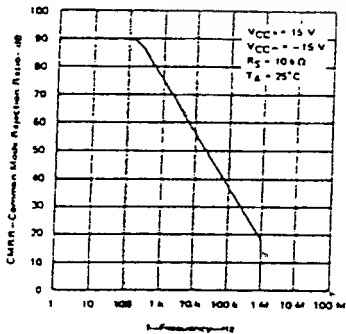


FIGURE 8

OUTPUT VOLTAGE
VS.
ELAPSED TIME

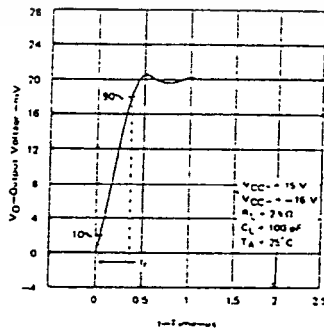


FIGURE 9

VOLTAGE-FOLLOWER
LARGE-SIGNAL PULSE RESPONSE

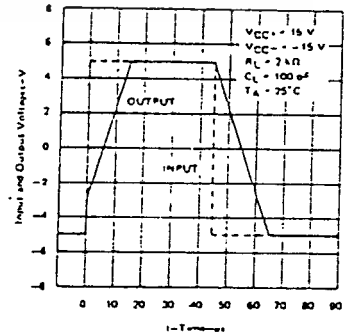


FIGURE 10

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

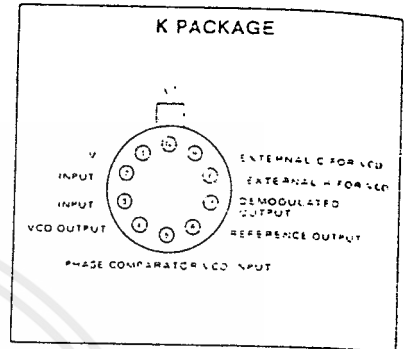
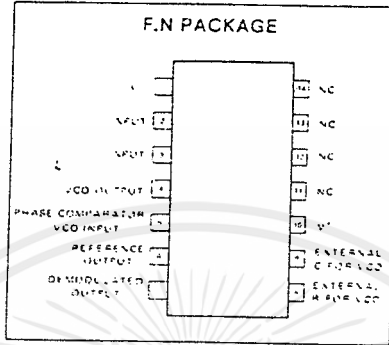
PHASE LOCKED LOOP

NE/SE565-F.K.N

DESCRIPTION

The SE/NE565 Phase-Locked Loop (PLL) is a self-contained, adaptable filter and demodulator for the frequency range from 0.001Hz to 500kHz. The circuit comprises a voltage-controlled oscillator of exceptional stability and linearity, a phase comparator, an amplifier and a low-pass filter as shown in the block diagram. The center frequency of the PLL is determined by the free-running frequency of the VCO; this frequency can be adjusted externally with a resistor or a capacitor. The low-pass filter, which determines the capture characteristics of the loop, is formed by an internal resistor and an external capacitor.

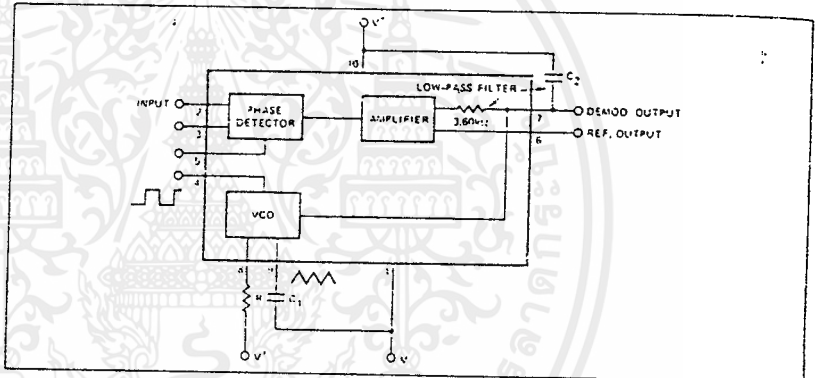
PIN CONFIGURATIONS



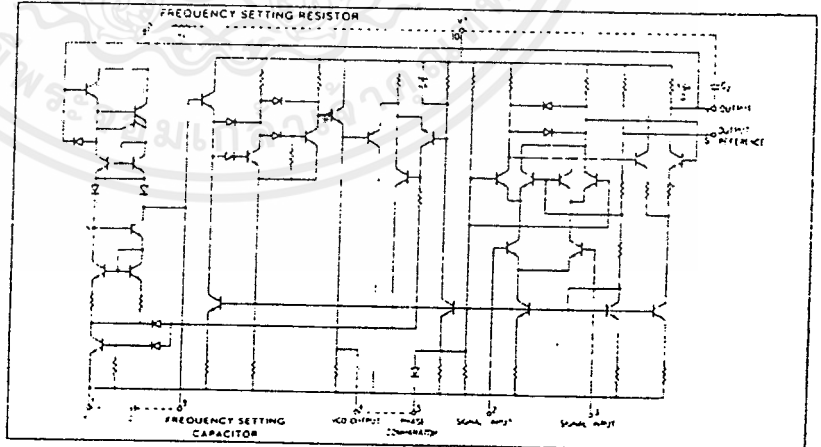
FEATURES

- Highly stable center frequency (200ppm/°C typ.)
- Wide operating voltage range (± 6 to ± 12 volts)
- Highly linear demodulated output (0.2% typ.)
- Center frequency programming by means of a resistor or capacitor, voltage or current
- TTL and DTL compatible square-wave output: loop can be opened to insert digital frequency divider
- Highly linear triangle wave output
- Reference output for connection of comparator in frequency discriminator
- Bandwidth adjustable from $< \pm 1\%$ to $> \pm 60\%$
- Frequency adjustable over 10 to 1 range with same capacitor

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



APPLICATIONS

- Frequency shift keying
- Modems
- Telemetry receivers
- Tone decoders
- SCA receivers
- Wideband FM discriminators
- Data synchronizers
- Tracking filters
- Signal restoration
- Frequency multiplication & division

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

PARAMETER	RATING	UNIT
Maximum operating voltage	26	V
Inout voltage	3	Vp-p
Storage temperature	-65 to +150	°C
Operating temperature range		
NE565	0 to +70	°C
SE565	-55 to +125	°C
Power dissipation	300	mW

PHASE LOCKED LOOP

NE/SE565

NE/SE565-F,K,N

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = \pm 5\text{V}$ unless otherwise specified.

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	SE565			NE565			UNIT
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
SUPPLY REQUIREMENTS								
Supply voltage		± 6		± 12	± 6		± 12	V
Supply current			8	12.5		8	12.5	mA
INPUT CHARACTERISTICS								
Input impedance ¹		7	10		5	10		k Ω
Input level required for tracking	$f_o = 50\text{kHz}$, $\pm 10\%$ frequency deviation	10	1		10	1		mVrms
CO CHARACTERISTICS								
Center frequency		300	500			500		kHz
Maximum value	$C_1 = 2.7\text{pF}$ Distribution taken about							
Distribution ²	$f_o = 50\text{kHz}$, $R_1 = 5.0\text{k}\Omega$, $C_1 = 1200\text{pF}$	-10	0	+10	-30	0	+30	%
Drift with temperature	$f_o = 50\text{kHz}$		200	525		300		ppm/ $^\circ\text{C}$
Drift with supply voltage	$f_o = 50\text{kHz}$, $V_{CC} = \pm 6$ to ± 7 volts		0.1	1.0		0.2	1.5	%/V
Triangle wave								
Output voltage level		1.9	0		1.9	0		V
Amplitude			2.4	3		2.4	3	Vp-p
Linearity			0.2			0.5		%
Square wave								
Logical "1" output voltage	$f_o = 50\text{kHz}$	+4.9	+5.2		+4.9	+5.2		V
Logical "0" output voltage	$f_c = 50\text{kHz}$		-0.2	+0.2		-0.2	+0.2	V
Duty cycle	$f_o = 50\text{kHz}$	45	50	55	40	50	60	%
Rise time			20	100		20		ns
Fall time			50	200		50		ns
Output current (sink)		0.6	1		0.6	1		mA
Output current (source)		5	10		5	10		mA
MODULATED OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output voltage level ¹	Measured at pin 7	4.25	4.5	4.75	4.0	4.5	5.0	V
Maximum voltage swing ³			2			2		Vp-p
Output voltage swing	$\pm 10\%$ frequency deviation	250	300		200	300		mVp-p
Total harmonic distortion			0.2	0.75		0.4	1.5	%
Output impedance ⁴			3.6			3.6		k Ω
Offset voltage (V6-V7)			30	100		50	200	mV
Offset voltage vs temperature (drift)			50			100		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
AM rejection		30	40		40			dB

1S

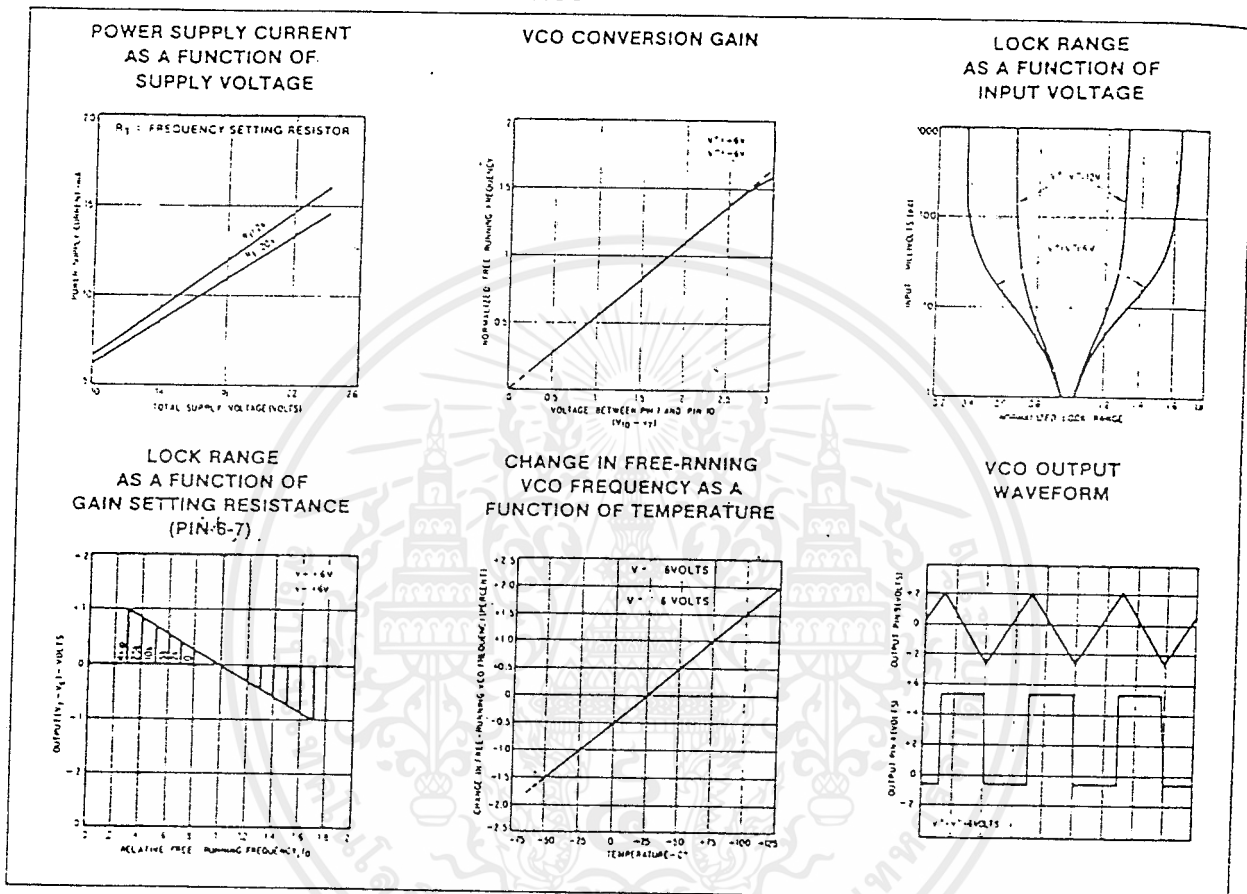
¹Pin 1 input terminals (pins 2 and 3) must receive identical dc bias. This bias may range from 0 volts to -4 volts.

²External resistance for frequency adjustment (R1) must have a value between 2k Ω and 20k Ω .

³Output voltage swings negative as input frequency increases.

⁴Output not buffered.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



DESIGN FORMULAS

(See Figure 1)

Free-running frequency of VCO: $f_0 = \frac{1.2}{4R_1C_1}$ in Hz

Lock-range: $f_L = \pm \frac{8f_0}{V_{CC}}$ in Hz

Capture-range: $f_C = \pm \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\pi f_L}{\tau}}$

where $\tau = (3.6 \times 10^3) \times C_2$

TYPICAL APPLICATIONS
FM Demodulation

The 565 Phase Locked Loop is a general-purpose circuit designed for highly linear FM demodulation. During lock, the average dc level of the phase comparator output signal is directly proportional to the frequency of the input signal. As the input frequency shifts, it is this output signal which causes the VCO to shift its frequency to match that of the input. Consequently, the linearity of the phase comparator output with frequency is determined by the voltage-to-frequency transfer function of the VCO.

Because of its unique and highly linear VCO, the 565 PLL can lock to and track an input signal over a very wide bandwidth (typically $\pm 60\%$) with very high linearity (typically, within 0.5%).

A typical connection is shown in Figure 1. The VCO free-running frequency is given approximately by

$f_0 = \frac{1.2}{4R_1C_1}$ and should be adjusted to be at the center of the input signal frequency range. C1 can be any value, but R1 should be within the range of 2000 to 20,000 ohms with an optimum value on the order of 4000 ohms. The source can be direct coupled if the dc resistances seen from pins 2 and 3 are equal and there is no dc voltage difference between the pins. A short between pins 4 and 5 connects the VCO to the phase comparator. Pin 6 provides a dc reference voltage that is close to the dc potential of the demodulated output (pin 7). Thus, if a resistance is connected between pins 6 and 7, the gain of the output stage can be reduced with little change in the dc voltage level at the output. This allows the lock range to be

decreased with little change in the free-running frequency. In this manner the lock range can be decreased from $\pm 60\%$ of f_0 to approximately $\pm 20\%$ of f_0 (at $\pm 6V$).

A small capacitor (typically $0.001 \mu F$) should be connected between pins 7 and 8 to eliminate possible oscillation in the control current source.

A single-pole loop filter is formed by the capacitor C2, connected between pin 7 and the positive supply, and an internal resistance of approximately 3600 ohms.

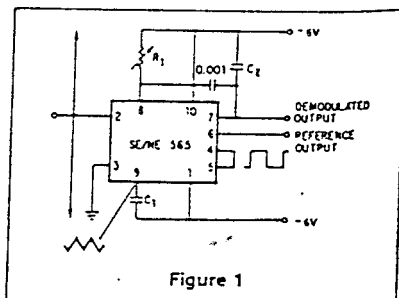
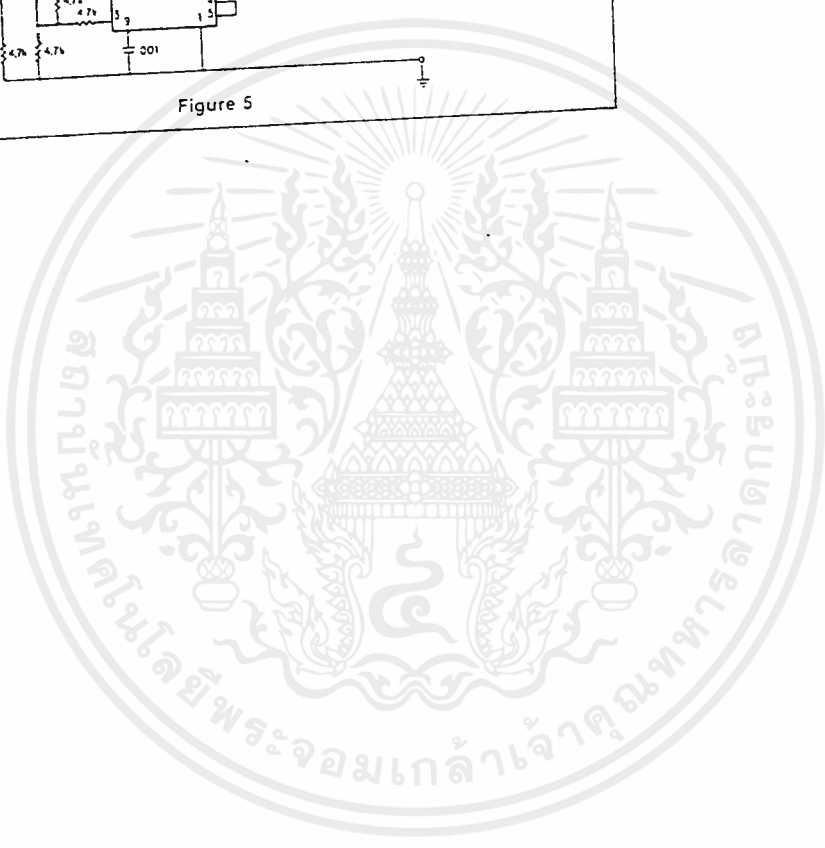
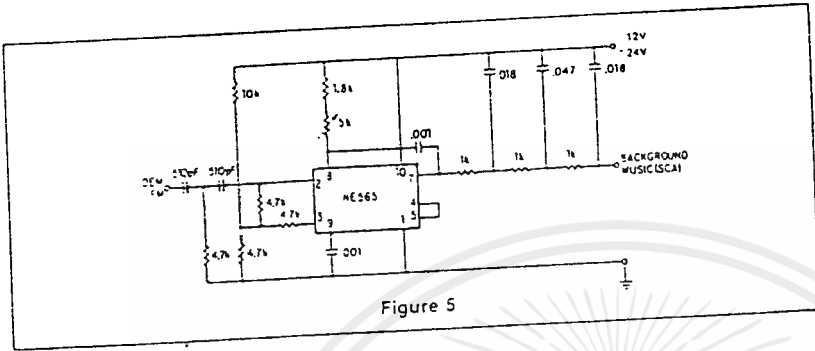


Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SCL4514B
SCL4515B

CMOS 4-TO-16 LINE DECODERS WITH LATCH

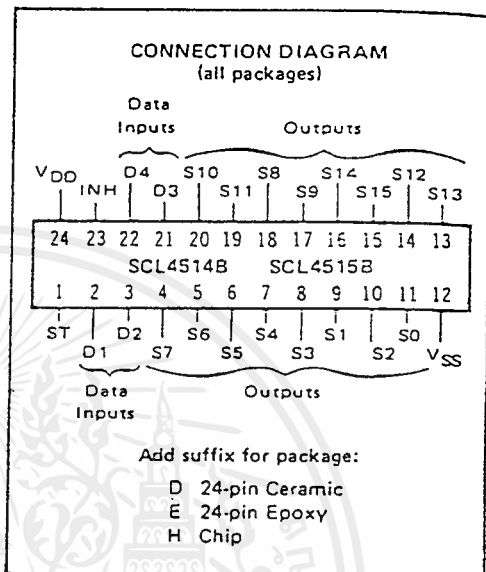
FEATURES

- ◆ Strobed Input Latch
- ◆ Inhibit Control
- ◆ Selected Output Active High (SCL4514B) or Active Low (SCL4515B)

DESCRIPTION

The SCL4514B and SCL4515B are two output options of a 4-to-16 Line Decoder with Latched Inputs. The SCL4514B presents a logic "1" at the selected output, and the SCL4515B presents a logic "0" at the selected output. The latches hold the last input data presented prior to the Strobe transition from "1" to "0". Inhibit allows all outputs to be placed, at "0" (SCL4514B), or "1" (SCL4515B), regardless of the state of the Data or Strobe inputs.

Applications include code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, and readout decoding.



TRUTH TABLE (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs				Selected Output SCL4514B = Logic "1" SCL4515B = Logic "0"
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = "0", SCL4514B All Outputs = "1", SCL4515B

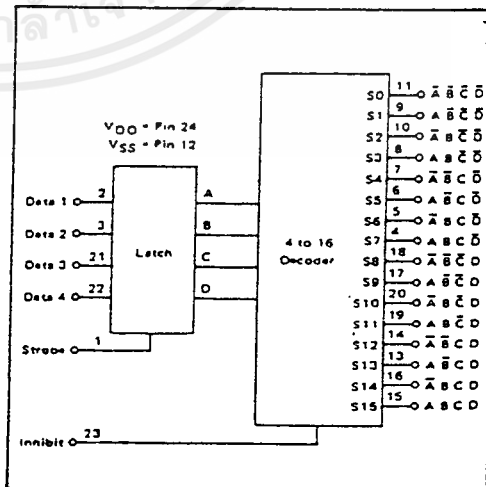
X = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

- DC Supply Voltage $V_{DD} - V_{SS}$ 3 to 15 Vdc
- Operating Temperature T_A -55 to +125 °C
D, H Device
- E Device -40 to +85 °C

BLOCK DIAGRAM



SCL4514B, SCL4515B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

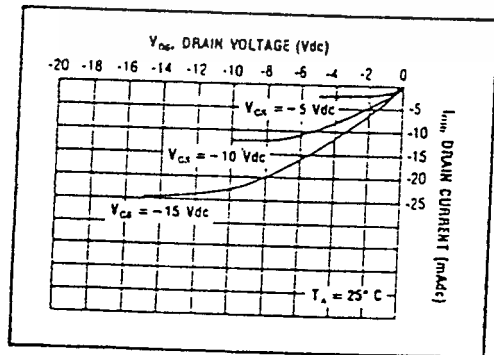
STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT I _{DD}	5	V _{IN} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	-	5	-	0.05	5	-	150	μA _{dc}
	10		-	10	-	0.1	10	-	300	
	15		-	20	-	0.2	20	-	600	

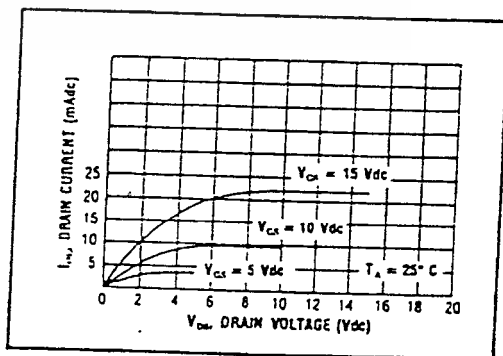
NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
 = -40°C for E device.
 T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
 = + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs From Inhibit Input	I _{PLH} , I _{PHL}	5	-	550	1100	ns
		10	-	225	450	
		15	-	150	300	
OUTPUT TRANSITION TIME	I _{TLH} , I _{THL}	5	-	400	800	ns
		10	-	150	300	
		15	-	100	200	
MINIMUM DATA INPUT SETUP TIME	t _{setup}	5	-	125	250	ns
		10	-	50	100	
		15	-	40	80	
MINIMUM STROBE PULSE WIDTH	PW _{ST}	5	-	175	350	ns
		10	-	50	100	
		15	-	40	80	



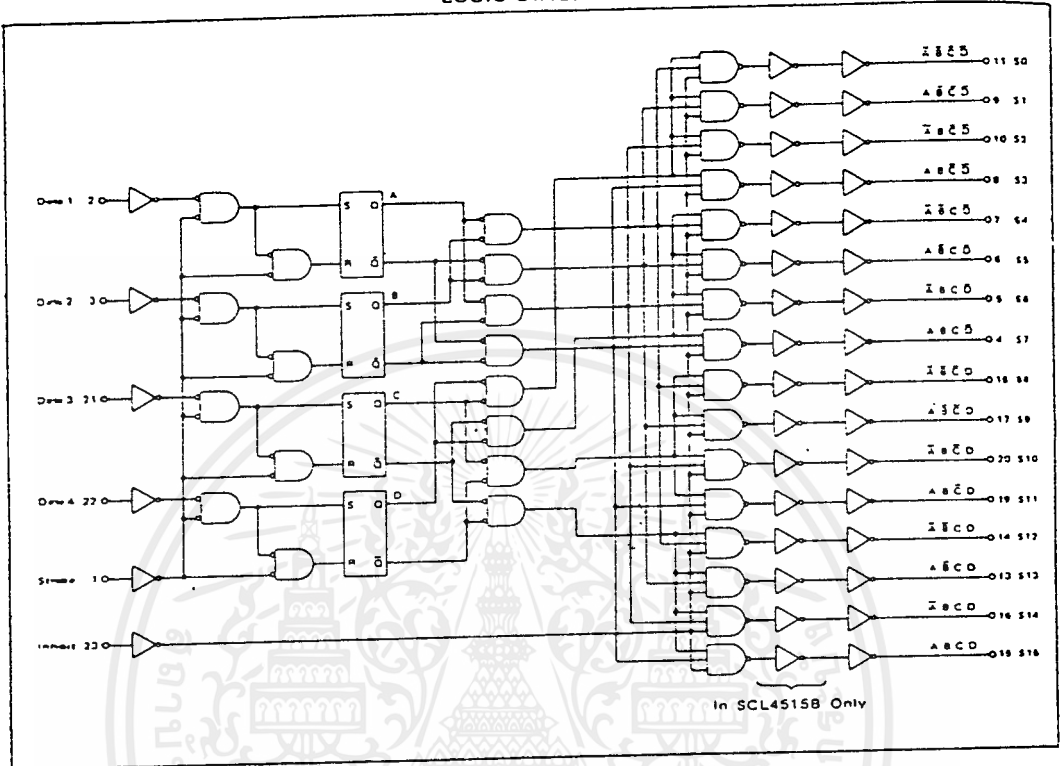
Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LINEAR
INTEGRATED
CIRCUITS**

**TYPES SE555, NE555.
PRECISION TIMERS**

BULLETIN NO. DL-S 12053, SEPTEMBER 1973—REVISED OCTOBER 1979

- Timing from Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 200 mA
- Designed to be Interchangeable with Signetics SE555/NE555

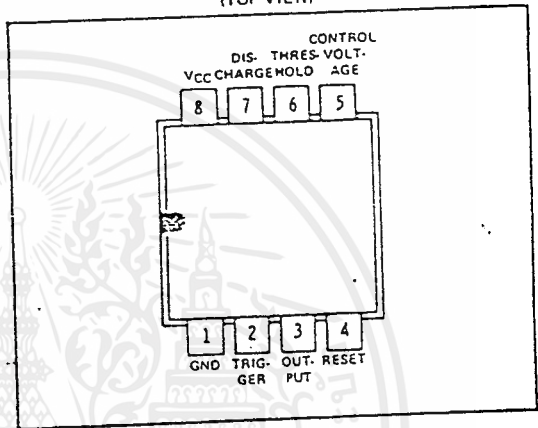
description

The SE555 and NE555 are monolithic timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle may be independently controlled with two external resistors and a single external capacitor.

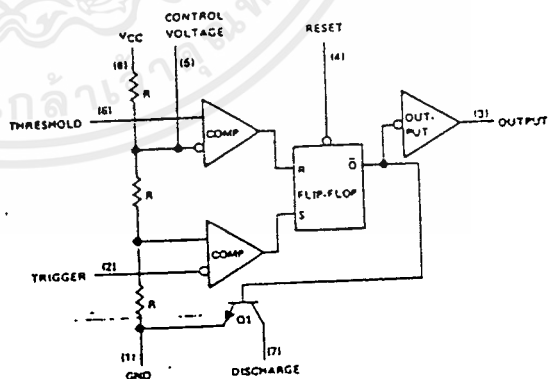
The threshold and trigger levels are normally two-thirds and one-third, respectively, of VCC. These levels can be altered by use of the control voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. When the threshold input rises above the threshold level, the flip-flop is reset and the output goes low. The reset input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When the reset input goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between the discharge terminal and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 milliamperes. Operation is specified for supplies of 5 to 15 volts. With a 5-volt supply, output levels are compatible with TTL inputs.

JG OR P DUAL-IN-LINE PACKAGE
(TOP VIEW)



functional block diagram



Copyright © 1979 by Texas Instruments Incorporated

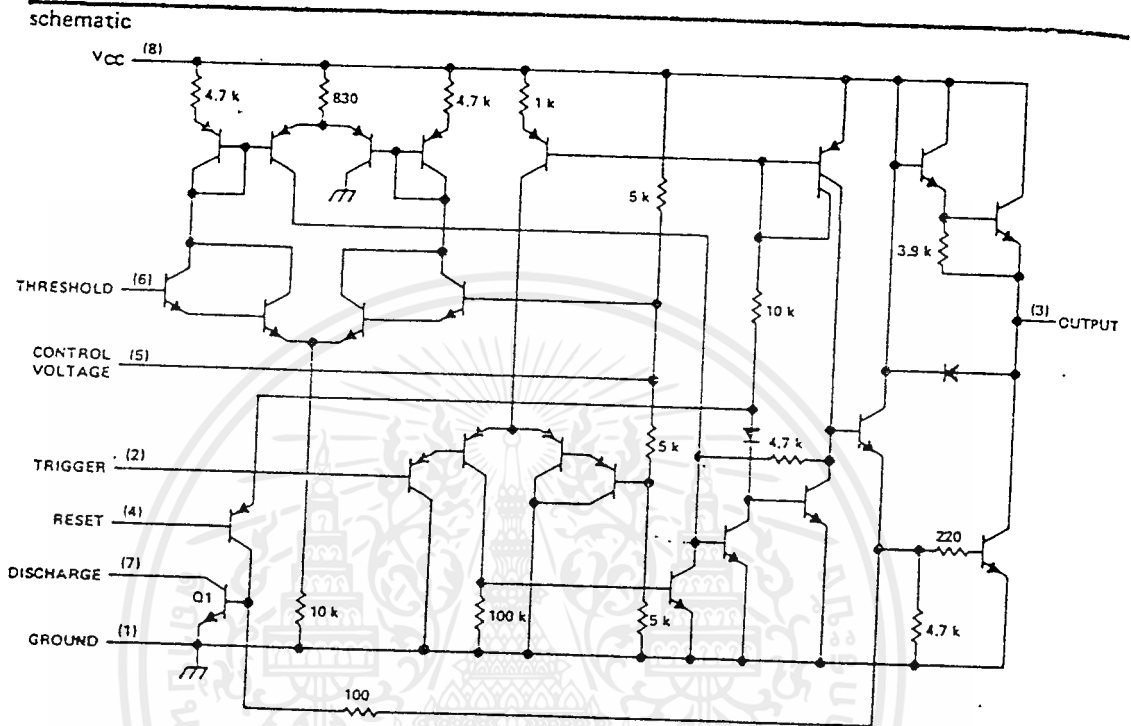
TEXAS INSTRUMENTS

INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS



Resistor values shown are nominal and in ohms.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted):

Supply voltage, V _{CC} (see Note 1)	18 V
Input voltage (control voltage, reset, threshold, trigger)	V _{CC}
Output current	±225 mA
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 2)	600 mW
Operating free-air temperature range:	
SE555	-55°C to 125°C
NE555	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1/16 inch (1,6 mm) from case for 60 seconds: JG package	300°C
Lead temperature 1/16 inch (1,6 mm) from case for 10 seconds: P package	260°C

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to network ground terminal.
2. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation Derating Table. In the JG package, SE555 chips are alloy-mounted, NE555 chips are glass-mounted.

recommended operating conditions

	SE555			NE555			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5		18	4.5		16	V
Input voltage, V _I (control voltage, reset, threshold, trigger)			V _{CC}			V _{CC}	V
Output Current, I _O			±200			±200	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		125	0		70	°C

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

electrical characteristics at 25°C free-air temperature, VCC = 5 V to 15 V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Threshold voltage level as a percentage of supply voltage		66.7			66.7			%
Threshold current (see Note 3)		0.1 0.25			0.1 0.25			µA
Trigger voltage level	VCC = 15 V	4.8	5	5.2	5			V
	VCC = 5 V	1.45	1.67	1.9	1.67			V
Trigger current		0.5			0.5			µA
Reset voltage level		0.4 0.7 1			0.4 0.7 1			V
Reset current		0.1			0.1			mA
Control voltage (open-circuit)	VCC = 15 V	9.6	10	10.4	9	10	11	V
	VCC = 5 V	2.9	3.3	3.8	2.5	3.3	4	V
Low-level output voltage	VCC = 15 V	IOL = 10 mA	0.1 0.15		0.1 0.25		V	
		IOL = 50 mA	0.4 0.5		0.4 0.75			
		IOL = 100 mA	2 2.2		2 2.5			
	VCC = 5 V	IOL = 200 mA	2.5		2.5			
		IOL = 5 mA			0.25 0.35			
		IOL = 8 mA	0.1 0.25					
High-level output voltage	VCC = 15 V	I _{OH} = -100 mA	13	13.3	12.75	13.3	V	
		I _{OH} = -200 mA	12.5		12.5			
	VCC = 5 V	I _{OH} = -100 mA	3	3.3	2.75	3.3		
Supply current	Output low, No load	VCC = 15 V	10 12		10 15		mA	
		VCC = 5 V	3 5		3 6			
	Output high, No load	VCC = 15 V	9 11		9 14			
		VCC = 5 V	2 4		2 5			

NOTE 3: This parameter influences the maximum value of the timing resistors RA and RB in the circuit of Figure 13. For example when VCC = 5 V the maximum value is R = RA + RB = 20 MΩ.

operating characteristics, VCC = 5 V and 15 V

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SE555			NE555			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Initial error of timing interval	RA = 1 kΩ to 100 kΩ, TA = 25°C	0.5 2			1			%
Temperature coefficient of timing interval	Rg = 0 to 100 kΩ, TA = MIN to MAX	30 100			50			ppm/°C
Supply voltage sensitivity of timing interval	C = 0.1 µF, TA = 25°C	0.05 0.2			0.1			%/V
Output pulse rise time	CL = 15 pF, TA = 25°C	100			100			ns
Output pulse fall time		100			100			ns

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

DISSIPATION DERATING TABLE

PACKAGE	POWER RATING	DERATING FACTOR	ABOVE TA
JG (Alloy-Mounted Chip)	600 mW	8.4 mW/°C	79°C
JG (Glass-Mounted Chip)	600 mW	6.6 mW/°C	59°C
p	600 mW	8.0 mW/°C	75°C

Also see Dissipation Derating Curves, Section 2.

FIGURE 1

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น กรุณาอย่าเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE55E, NE55E
PRECISION TIMERS

TYPICAL CHARACTERISTICS†

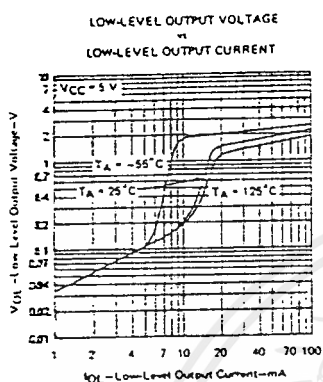


FIGURE 1

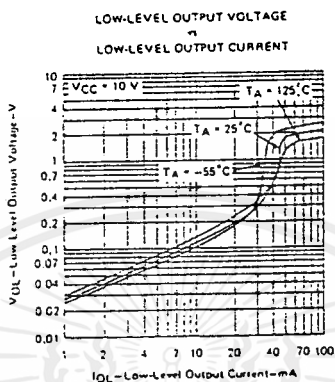


FIGURE 2

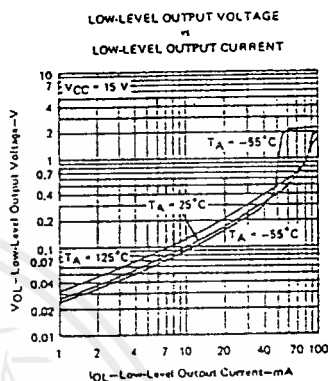


FIGURE 3

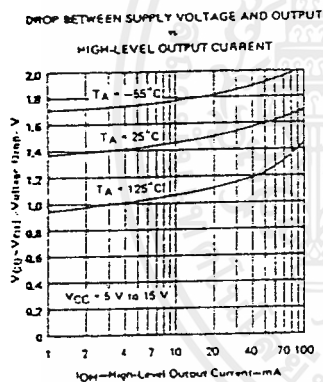


FIGURE 4

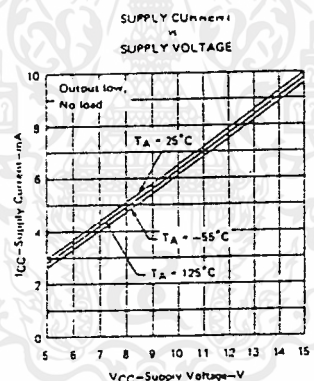


FIGURE 5

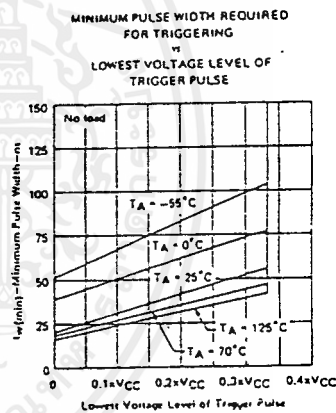


FIGURE 6

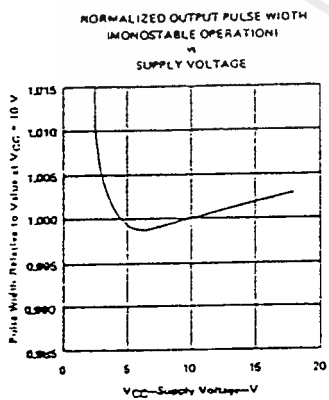


FIGURE 7

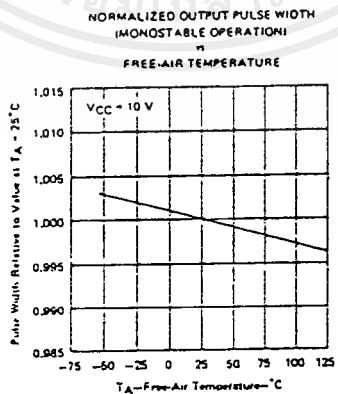


FIGURE 8

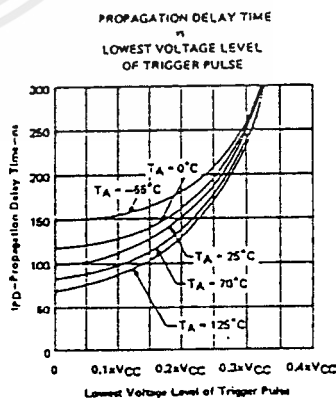


FIGURE 9

† Data for temperatures below 0°C and above 70°C are applicable for SE55E circuits only.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

TYPICAL APPLICATION DATA

monostable operation

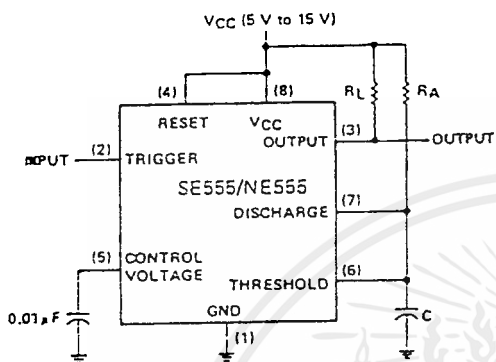


FIGURE 10—CIRCUIT FOR MONOSTABLE OPERATION

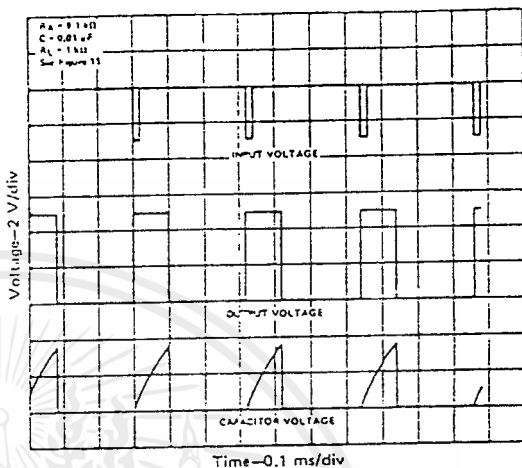


FIGURE 11—TYPICAL MONOSTABLE WAVEFORMS

For monostable operation, the SE555/NE555 may be connected as shown in Figure 10. If the output is low, application of a negative-going pulse to the trigger input sets the flip-flop (\bar{Q} goes low), drives the output high, and turns off Q1. Capacitor C is then charged through R_A until the voltage across the capacitor reaches the threshold voltage of the threshold input. If the trigger input has returned to a high level, the output of the threshold comparator will reset the flip-flop (\bar{Q} goes high), drive the output low, and discharge C through Q1.

Monostable operation is initiated when the trigger input voltage falls below the trigger threshold. Once initiated, the sequence will complete only if the trigger input is high at the end of the timing interval. Because of the threshold level and saturation voltage of Q1, the output pulse width is approximately $t_w = 1.1 R_A C$. Figure 12 is a plot of the time constant for various values of R_A and C. The threshold levels and charge rates are both directly proportional to the supply voltage, VCC. The timing interval is therefore independent of the supply voltage, so long as the supply voltage is constant during the time interval.

Applying a negative-going trigger pulse simultaneously to the reset and trigger terminals during the timing interval will discharge C and re-initiate the cycle, commencing on the positive edge of the reset pulse. The output is held low as long as the reset pulse is low. When the reset input is not used, it should be connected to VCC to prevent false triggering.

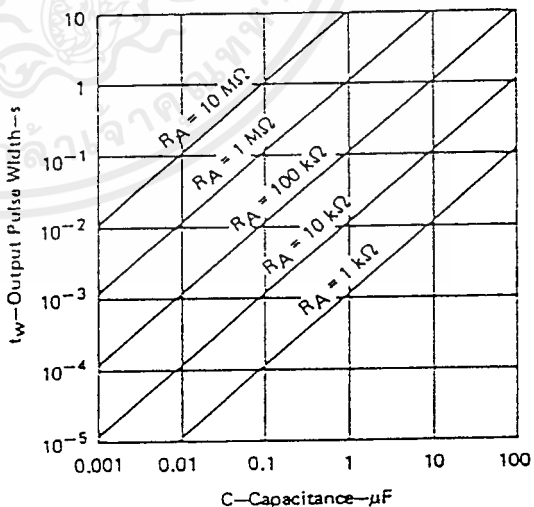


FIGURE 12—OUTPUT PULSE WIDTH vs CAPACITANCE

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

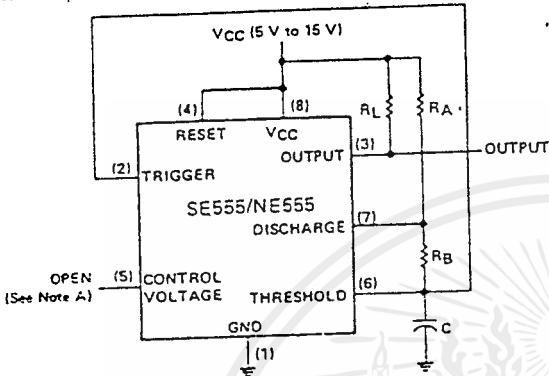
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

TYPICAL APPLICATION DATA

astable operation



NOTE A: Decoupling the control voltage input (pin 5) to ground with a capacitor may improve operation. This should be evaluated for individual applications.
FIGURE 13—CIRCUIT FOR ASTABLE OPERATION

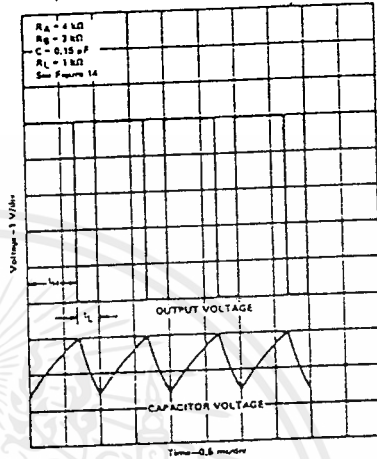


FIGURE 14—TYPICAL ASTABLE WAVEFORMS

Addition of a second resistor, R_B , to the circuit of Figure 10, as shown in Figure 13, and connection of the trigger input to the threshold input will cause the SE555/NE555 to self-trigger and run as a multivibrator. The capacitor C will charge through R_A and R_B then discharge through R_B only. The duty cycle may be controlled, therefore, by the values of R_A and R_B .

This astable connection results in capacitor C charging and discharging between the threshold-voltage level ($\approx 0.67 \cdot V_{CC}$) and the trigger-voltage level ($\approx 0.33 \cdot V_{CC}$). As in the monostable circuit, charge and discharge times (and therefore the frequency and duty cycle) are independent of the supply voltage.

Figure 14 shows typical waveforms generated during astable operation. The output high-level duration t_H and low-level duration t_L may be found by:

$$t_H = 0.693 (R_A + R_B) C$$

$$t_L = 0.693 (R_B) C$$

Other useful relationships are shown below.

$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

$$\text{frequency} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

$$\text{Output driver duty cycle} = \frac{t_L}{t_H + t_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Output waveform duty cycle} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Low-to-high ratio} = \frac{t_L}{t_H} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

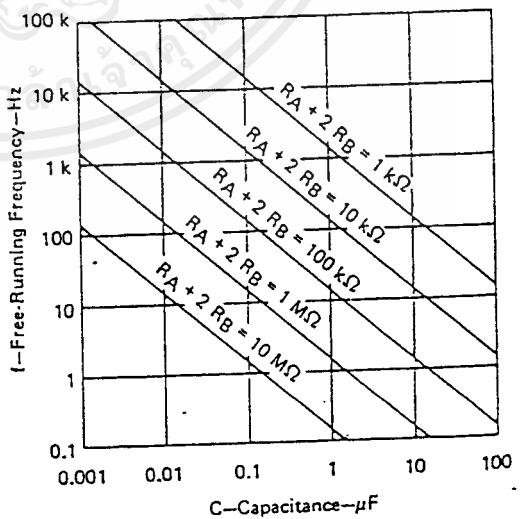


FIGURE 15—FREE-RUNNING FREQUENCY

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... นี้มีอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

TYPICAL APPLICATION DATA

missing-pulse detector

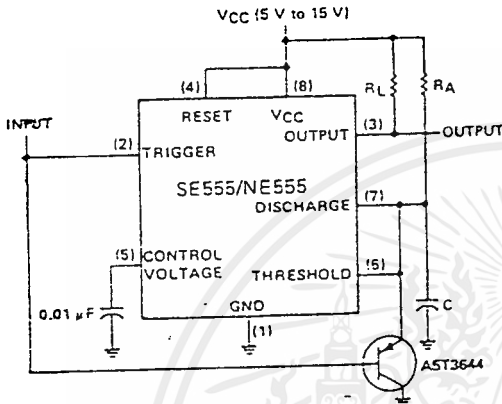


FIGURE 16—CIRCUIT FOR MISSING-PULSE DETECTOR

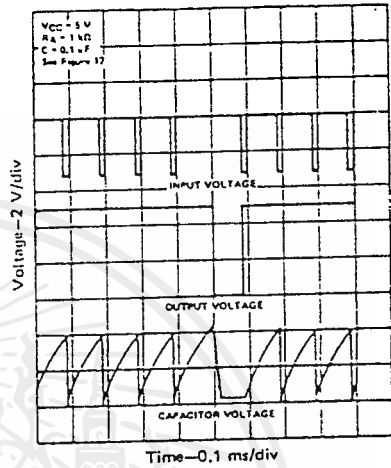


FIGURE 17—MISSING-PULSE DETECTOR WAVEFORMS

The circuit shown in Figure 16 may be utilized to detect a missing pulse or abnormally long spacing between consecutive pulses in a train of pulses. The timing interval of the monostable circuit is continuously retriggered by the input pulse train as long as the pulse spacing is less than the timing interval. A longer pulse spacing, missing pulse, or terminated pulse train will permit the timing interval to be completed, thereby generating an output pulse as illustrated in Figure 17

frequency divider

By adjusting the length of the timing cycle, the basic circuit of Figure 10 can be made to operate as a frequency divider. Figure 18 illustrates a divide-by-3 circuit that makes use of the fact that retriggering cannot occur during the timing cycle.

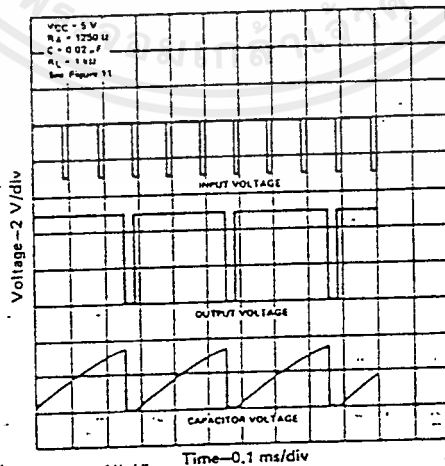


FIGURE 18—DIVIDE-BY-THREE CIRCUIT WAVEFORMS

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

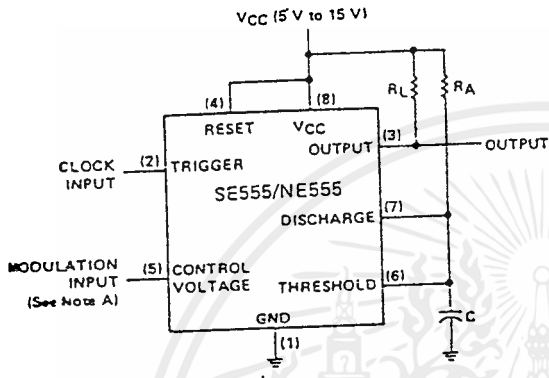
POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75285

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

TYPICAL APPLICATION DATA

pulse-width modulation



NOTE A: The modulating signal may be direct or capacitively coupled to the control voltage terminal. For direct coupling, the effects of modulation source voltage and impedance on the bias of the SE555/NE555 should be considered.

FIGURE 19—CIRCUIT FOR PULSE-WIDTH MODULATION

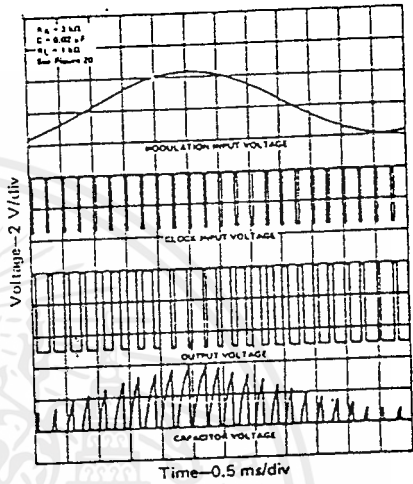
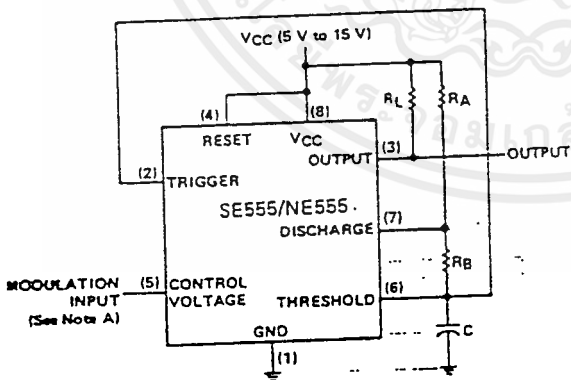


FIGURE 20—PULSE-WIDTH-MODULATION WAVEFORMS

The operation of the timer may be modified by modulating the internal threshold and trigger voltages. This is accomplished by applying an external voltage (or current) to the control voltage pin. Figure 19 is a circuit for pulse-width modulation. The monostable circuit is triggered by a continuous input pulse train and the threshold voltage is modulated by a control signal. The resultant effect is a modulation of the output pulse width, as shown in Figure 20. A sine-wave modulation signal is illustrated, but any wave-shape could be used.

pulse-position modulation



NOTE A: The modulating signal may be direct or capacitively coupled to the control voltage terminal. For direct coupling, the effects of modulation source voltage and impedance on the bias of the SE555/NE555 should be considered.

FIGURE 21—CIRCUIT FOR PULSE-POSITION MODULATION

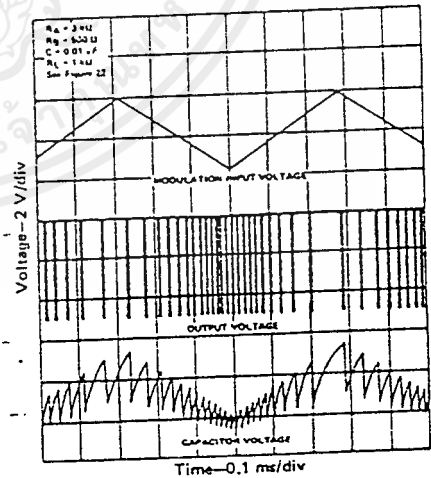


FIGURE 22—PULSE POSITION-MODULATION WAVEFORMS

The SE555/NE555 may be used as a pulse-position modulator as shown in Figure 21. In this application, the threshold voltage, and thereby the time delay, of a free-running oscillator is modulated. Figure 22 shows such a circuit, with a triangular-wave modulation signal, however, any modulating wave-shape could be used.

TEXAS INSTRUMENTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ... INCORPORATED... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SE555, NE555
PRECISION TIMERS

TYPICAL APPLICATION DATA

sequential timer

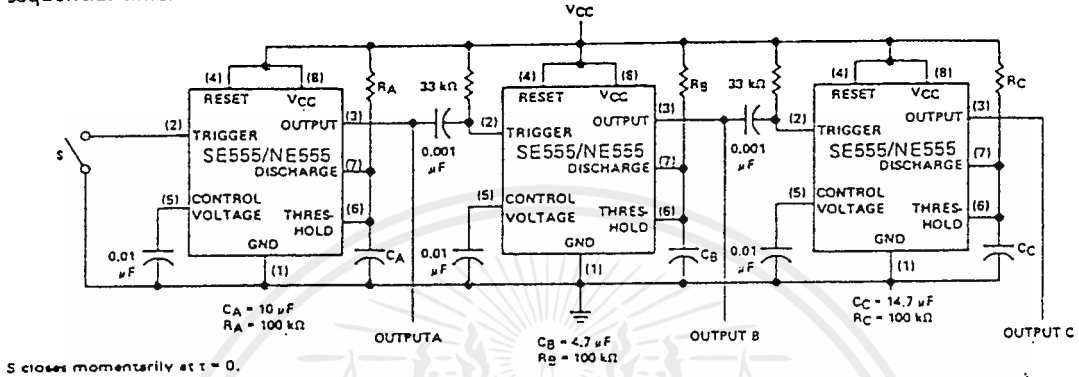


FIGURE 23—SEQUENTIAL TIMER CIRCUIT

Many applications, such as computers, require signals for initializing conditions during start-up. Other applications such as test equipment require activation of test signals in sequence. SE555/NE555 circuits may be connected to provide such sequential control. The timers may be used in various combinations of astable or monostable circuit connections, with or without modulation, for extremely flexible waveform control. Figure 23 illustrates a sequencer circuit with possible applications in many systems and Figure 24 shows the output waveforms.

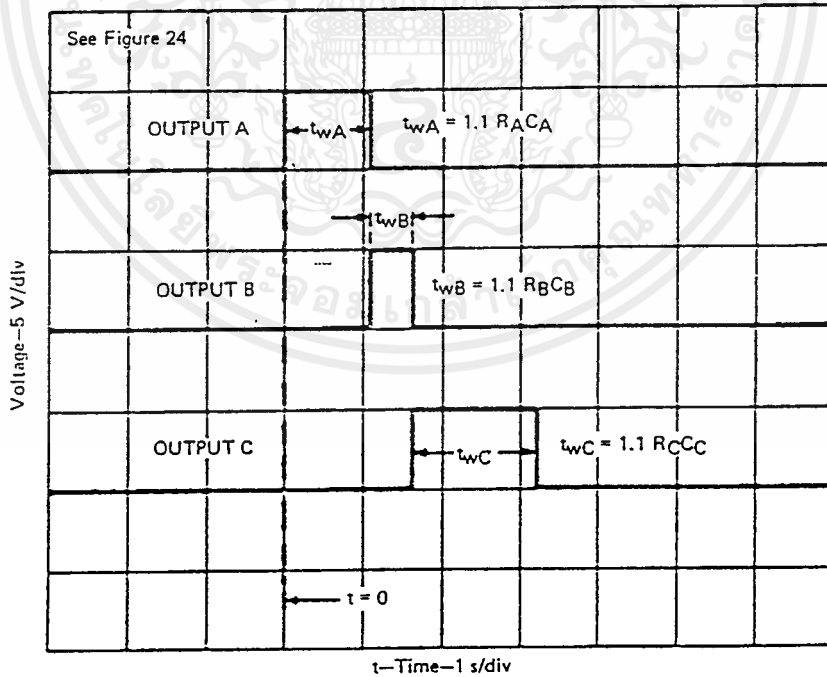


FIGURE 24—SEQUENTIAL TIMER WAVEFORMS

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Monolithic Function Generator

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp and pulse waveforms of high stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01 Hz to more than 1 MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20 ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range, with an external control voltage, having a very small affect on distortion.

FEATURES

Low-Sine Wave Distortion	.5%, Typical
Excellent Temperature Stability	20 ppm/°C, Typical
Wide Sweep Range	2000:1, Typical
Low-Supply Sensitivity	0.01%V, Typical
Linear Amplitude Modulation	
TTL Compatible FSK Controls	
Wide Supply Range	10V to 26V
Adjustable Duty Cycle	1% to 99%

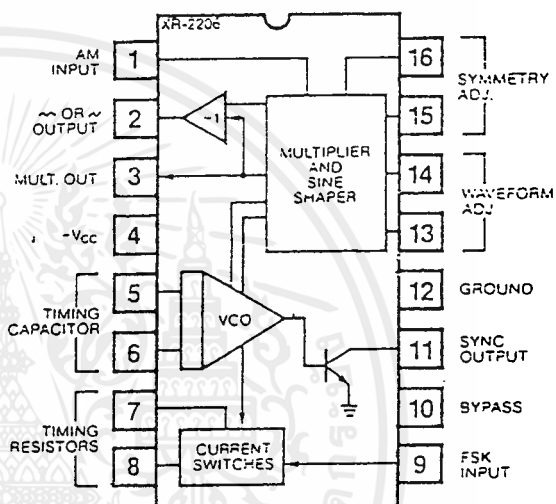
APPLICATIONS

Waveform Generation
Sweep Generation
AM/FM Generation
V/F Conversion
FSK Generation
Phase-Locked Loops (VCO)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V
Power Dissipation	750 mW
Derate Above 25°C	5 mW/°C
Total Timing Current	6 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2206M	Ceramic	-55°C to +125°C
XR-2206N	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206P	Plastic	0°C to +70°C
XR-2206CN	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206CP	Plastic	0°C to +70°C

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is composed of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO actually produces an output frequency proportional to an input current, which is produced by a resistor from the timing terminals to ground. The current switches route one of the timing pins current to the VCO controlled by an FSK input pin, to produce an output frequency. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK Generation Applications.

XR-2206

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1, $V^+ = 12V$, $T_A = 25^\circ$, $C = 0.01 \mu F$, $R_1 = 100 k\Omega$, $R_2 = 10 k\Omega$, $R_3 = 25 k\Omega$ unless otherwise specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

PARAMETER	XR-2206M			XR-2206C			UNIT	CONDITIONS
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.		
GENERAL CHARACTERISTICS								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 > 10 k\Omega$
OSCILLATOR SECTION								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000 pF$, $R_1 = 1 k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50 \mu F$, $R_1 = 2 M\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2	± 20	% of f_o	$f_o = 1/R_1 C$
Temperature Stability		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^\circ C$	$0^\circ C < T_A < 75^\circ C$
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$R_1 = R_2 = 20 k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1		2000:1			$f_H = f_L$	$V_{LOW} = 10V$, $V_{HIGH} = 20V$
Sweep Linearity							%	$R_1 = R_2 = 20 k\Omega$
10:1 Sweep		2			2		%	$f_H @ R_1 = 1 k\Omega$
1000:1 Sweep		8			8		%	$f_L @ R_1 = 2 M\Omega$
FM Distortion		0.1			0.1		%	$f_L = 1 kHz$, $f_H = 10 kHz$
Recommended Timing Components							μF	$f_L = 100 Hz$, $f_H = 100 kHz$
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	$\pm 10\%$ Deviation
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	$k\Omega$	See Figure 4.
Triangle Sine Wave Output							mV/ $k\Omega$	See Note 1, Figure 2.
Triangle Amplitude		160			160		mV/ $k\Omega$	Figure 1, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80	50	60		mV/ $k\Omega$	Figure 1, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		V _{p-p}	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Amplitude Stability		4800			4800		ppm/ $^\circ C$	See Note 2.
Sine Wave Distortion							%	$R_1 = 30 k\Omega$
Without Adjustment		2.5			2.5		%	See Figures 6 and 7.
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	
Amplitude Modulation							$k\Omega$	
Input Impedance	50	100		50	100		%	
Modulation Range		100			100		dB	
Carrier Suppression		55			55		dB	For 95% modulation
Linearity		2			2		%	
Square-Wave Output							V _{p-p}	Measured at Pin 11.
Amplitude		12			12		nsec	$C_L = 10 pF$
Rise Time		250			250		nsec	$C_L = 10 pF$
Fall Time		50			50		V	$I_L = 2 mA$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$V_{11} = 26V$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	See section on circuit controls
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	Measured at Pin 10.
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	

Note 1: Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 2.

Note 2: For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Frequency-Shift Keying:

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors, R_1 and R_2 , connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 12. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage $\geq 2V$, only R_1 is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is $\leq 1V$, only R_2 is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels, f_1 and f_2 , as:

$$f_1 = 1/R_1C \text{ and } f_2 = 1/R_2C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to V^- .

Output DC Level Control:

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figures 10, 11 and 12, Pin 3 is biased midway between V^+ and ground, to give an output dc level of $\approx V^+/2$.

APPLICATIONS INFORMATION**Sine Wave Generation****Without External Adjustment:**

Figure 10 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer, R_A at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than $V^+/2$, and the typical distortion (THD) is $< 2.5\%$. If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 10 can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with V^- . For split-supply operation, R_3 can be directly connected to ground.

With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to $\approx 0.5\%$ by additional adjustments as shown in Figure 11. The potentiometer, R_A , adjusts the sine-shaping resistor, and R_B provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set R_B at midpoint, and adjust R_A for minimum distortion.
2. With R_A set as above, adjust R_B to further reduce distortion.

Triangle Wave Generation

The circuits of Figures 10 and 11 can be converted to triangle wave generation, by simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e., S_1 open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

FSK Generation

Figure 12 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space frequencies can be independently adjusted, by the choice of timing resistors, R_1 and R_2 , the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with V^- .

Pulse and Ramp Generation

Figure 13 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99%, by the choice of R_1 and R_2 . The values of R_1 and R_2 should be in the range of $1 \text{ k}\Omega$ to $2 \text{ M}\Omega$.



**SCL4011B, SCL4012B
SCL4023B, SCL4068B**

CMOS NAND GATES

SCL4011B – Quad 2-Input NAND
SCL4012B – Dual 4-Input NAND
SCL4023B – Triple 3-Input NAND
SCL4068B – 8-Input NAND

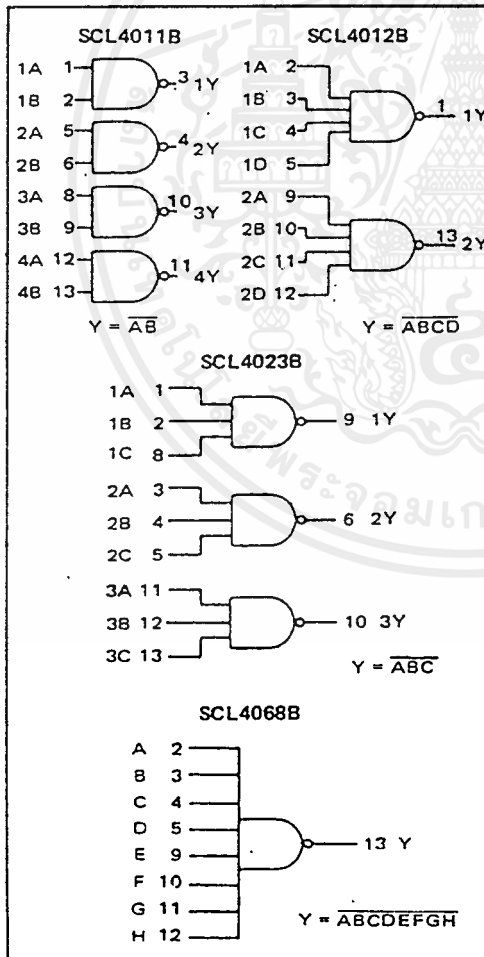
FEATURES

- ◆ Buffered Outputs
- ◆ Diode Protection on all Inputs
- ◆ Fully "B"-Series Compatible
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications

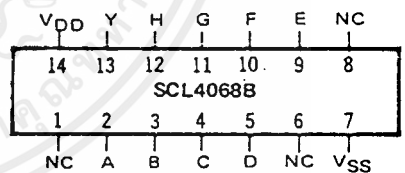
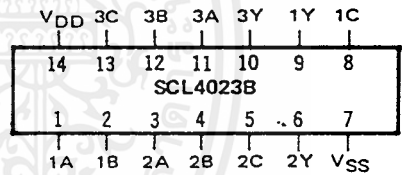
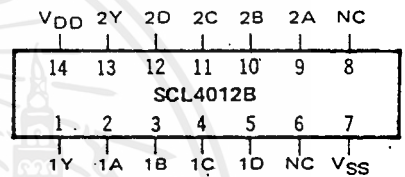
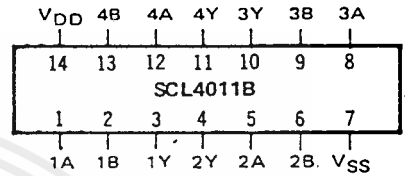
TRUTH TABLE

Inputs	Output
1 1 ... 1	0
All other combinations	1

FUNCTION DIAGRAMS



CONNECTION DIAGRAMS
(all packages)



Add suffix to package:

- .C 14-pin Cerdip
- .D 14-pin Ceramic
- .E 14-pin Epoxy
- .F 14-pin Flat
- .H Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	V _{DD} - V _{SS}	3 to 15	V _{dc}
Operating Temperature	T _A	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

SCL4011B, SCL4012B, SCL4023B, SCL4068B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

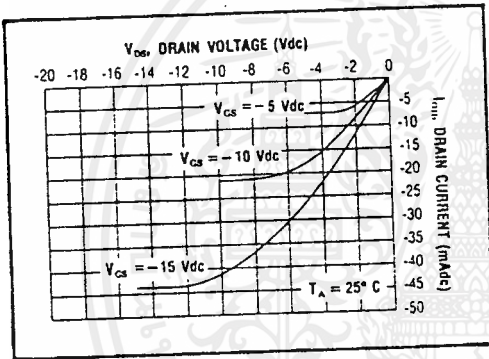
STATIC CHARACTERISTICS

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ¹		+25°C		T _{HIGH} ¹		Units
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	5	V _{IN} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	-	0.05	-0.0005	0.05	-	1.5	μAcc
	10		0.10	-0.001	0.10	-	3.0		
	15		0.20	-0.002	0.20	-	6.0		

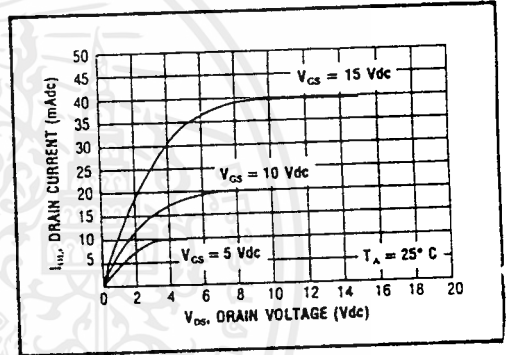
NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
³ = -40°C for E device.
⁴ T_{HIGH} = -125°C for C, D, F, H device.
⁵ = -85°C for E device.
⁶ These devices have been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PLH} , t _{PHL}	5	125	250	ns
		10	60	120	
		15	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{FL} , t _{FWL}	5	100	200	ns
		10	50	100	
		15	40	80	

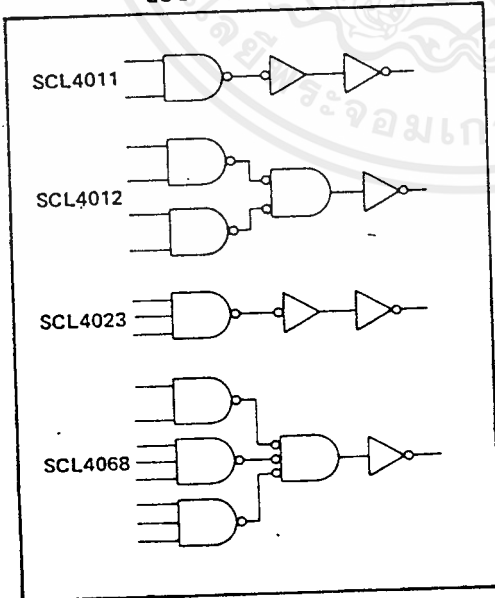


Typical P-Channel Source Current Characteristics

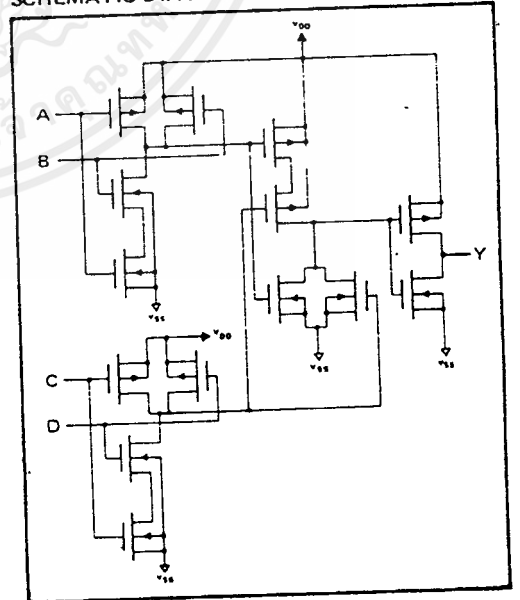


Typical N-Channel Sink Current Characteristics

LOGIC DIAGRAMS



SCHEMATIC DIAGRAM SCL4012B (1 of 2 gates)



SCL4011UB



CMOS NAND GATE
(Unbuffered)

FEATURES

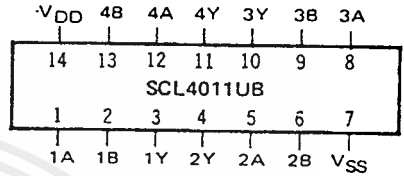
- ◆ Unbuffered Outputs for Quasi-Linear Applications
- ◆ Quad 2-Input NAND Configuration
- ◆ Diode Protection on all Inputs
- ◆ Output Drive Current Compatible with "B" Series
- ◆ Pin Compatible with Buffered SCL4011B
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications

DESCRIPTION

The SCL4011UB consists of four positive-logic NAND gates. The outputs are unbuffered, making the device suitable for quasi-linear applications, such as gated oscillators, multivibrators, and pulse shaping circuits.

For digital applications, the buffered SCL4011B is recommended for its higher gain and input pattern insensitivity.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

- C 14-pin Cerdip
- D 14-pin Ceramic
- E 14-pin Epoxy
- F 14-pin Flat
- H Chip

TRUTH TABLE

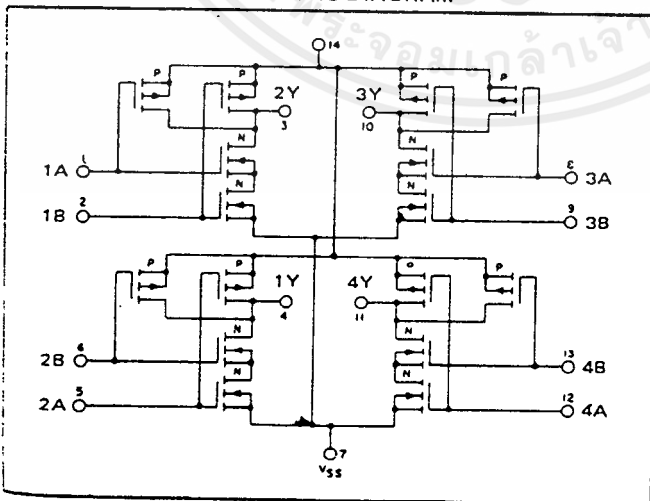
Inputs		Output
1	1	0
All other combinations		1

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

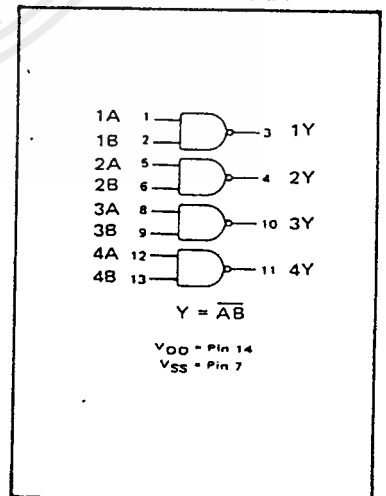
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			°C

SCHEMATIC DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM



SCL4011UB

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

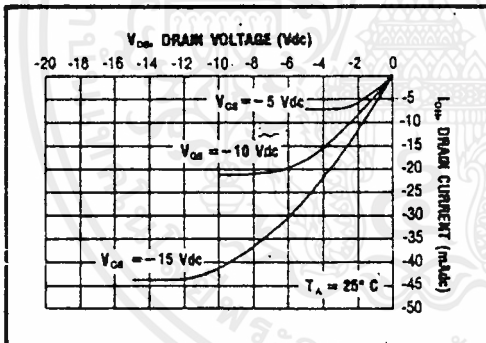
STATIC CHARACTERISTICS ^{1,3}

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	V _{IN} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	—	0.05	—	0.0005	0.05	—	1.5	μA _{dc}
			—	0.10	—	0.001	0.10	—	3.0	
			—	0.20	—	0.002	0.20	—	6.0	

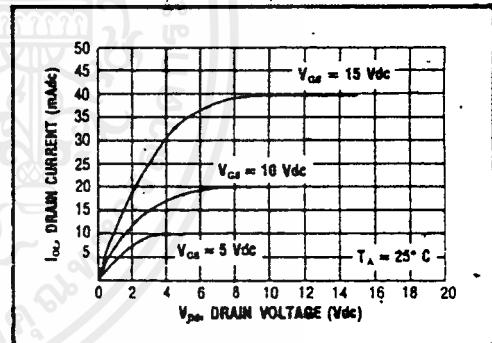
- NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
 = -40°C for E device.
 T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
 = + 85°C for E device.
³ This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PLH} , t _{PHL}	—	75	150	ns
		—	35	70	
		—	25	50	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{THL}	—	100	200	ns
		—	50	100	
		—	40	80	



Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics

SCL4514B
SCL4515B



CMOS 4-TO-16 LINE
DECODERS WITH LATCH

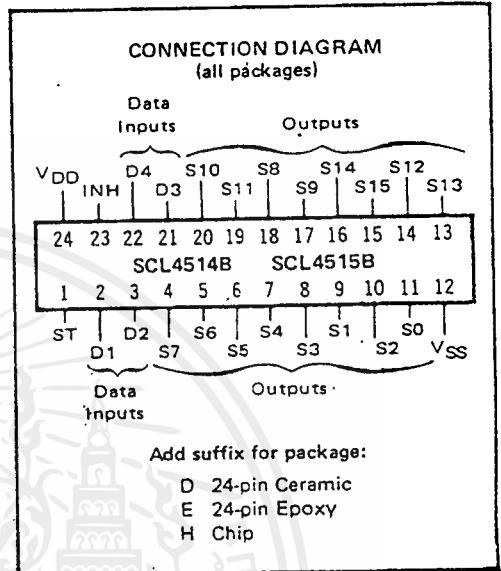
FEATURES

- ◆ Strobed Input Latch
- ◆ Inhibit Control
- ◆ Selected Output Active High (SCL4514B) or Active Low (SCL4515B)

DESCRIPTION

The SCL4514B and SCL4515B are two output options of a 4-to-16 Line Decoder with Latched Inputs. The SCL4514B presents a logic "1" at the selected output, and the SCL4515B presents a logic "0" at the selected output. The latches hold the last input data presented prior to the Strobe transition from "1" to "0". Inhibit allows all outputs to be placed at "0" (SCL4514B), or "1" (SCL4515B), regardless of the state of the Data or Strobe inputs.

Applications include code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, and readout decoding.



TRUTH TABLE (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs				Selected Output	
	D	C	B	A	SCL4514B = Logic "1"	SCL4515B = Logic "0"
0	0	0	0	0	S0	
0	0	0	0	1	S1	
0	0	0	1	0	S2	
0	0	0	1	1	S3	
0	0	1	0	0	S4	
0	0	1	0	1	S5	
0	0	1	1	0	S6	
0	0	1	1	1	S7	
0	1	0	0	0	S8	
0	1	0	0	1	S9	
0	1	0	1	0	S10	
0	1	0	1	1	S11	
0	1	1	0	0	S12	
0	1	1	0	1	S13	
0	1	1	1	0	S14	
0	1	1	1	1	S15	
1	X	X	X	X	All Outputs = "0", SCL4514B All Outputs = "1", SCL4515B	

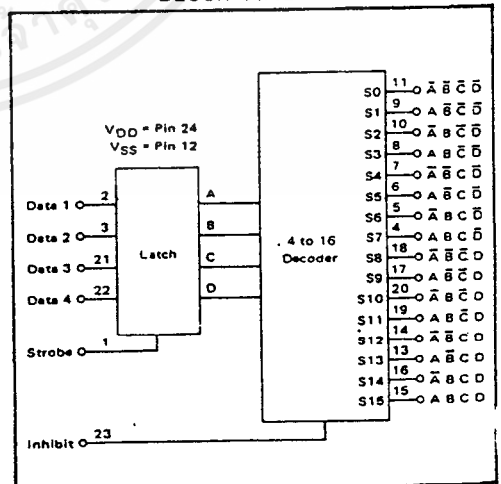
X = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	V _{DD} - V _{SS}	3 to 15	V _o
Operating Temperature	T _A	-55 to +125	°C
D, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4514B, SCL4515B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

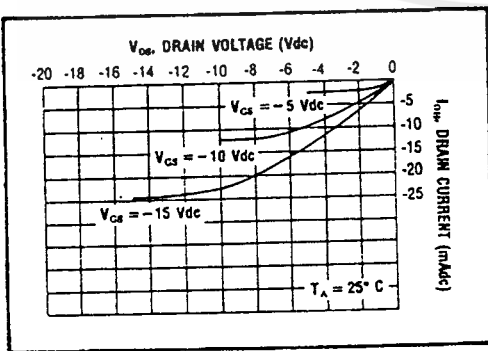
STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT I _{DD}	5	V _{IN} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	—	5	—	0.05	5	—	150	μA _{dc}
	10		—	10	—	0.1	10	—	300	
	15		—	20	—	0.2	20	—	600	

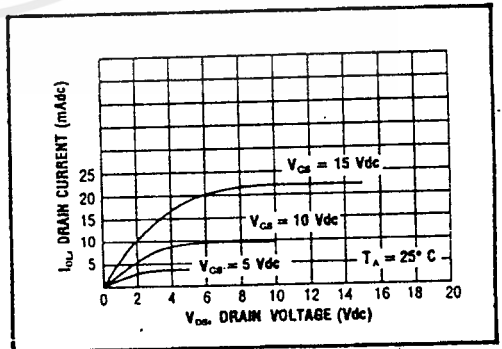
NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
 = -40°C for E device.
 T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
 = + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs	t _{PLH} , t _{PHL}	5	—	550	1100	ns
		10	—	225	450	
		15	—	150	300	
From Inhibit Input		5	—	400	800	ns
		10	—	150	300	
		15	—	100	200	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{THL}	5	—	130	260	ns
		10	—	65	130	
		15	—	50	100	
MINIMUM DATA INPUT-SETUP TIME	t _{setup}	5	—	125	250	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
MINIMUM STROBE PULSE WIDTH	PW _{ST}	5	—	175	350	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	



Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM

